細胞の知識

— 動物 —

岩波写真文庫 175

細胞の知識
175

岩波写真文庫　175　細胞の知識　—動物—
編集　岩波書店編集部　岩波映画製作所
監修　牧野佐二郎
写真　牧野佐二郎

はじめに

生物の体は植物でも動物でも、細胞と呼ばれる小体が集ってできている。細胞は顕微鏡の力を借りなければ見ることができないほどの小体ではあるが、生物の体のどの一部をとっても、細胞、あるいはその変生物からできていない所はない。そして更にその細胞の一つ一つを仔細に見れば、それぞれの細胞がその機能に応じて、構造も性質も巧みにつくられているのがわかる。細胞は単なる生物体の構造の単位であるばかりでなく、生命の基礎ともなっている。生物体をつくりあげている細胞の一つ一つは生命をもっており、互いに生理的な連絡を保っている。つまり生物の生活現象は一つ一つの細胞の生活作用の総合された結果である。

本書の写真及び解説は北海道大学教授牧野佐二郎氏による。

この本に使った記号

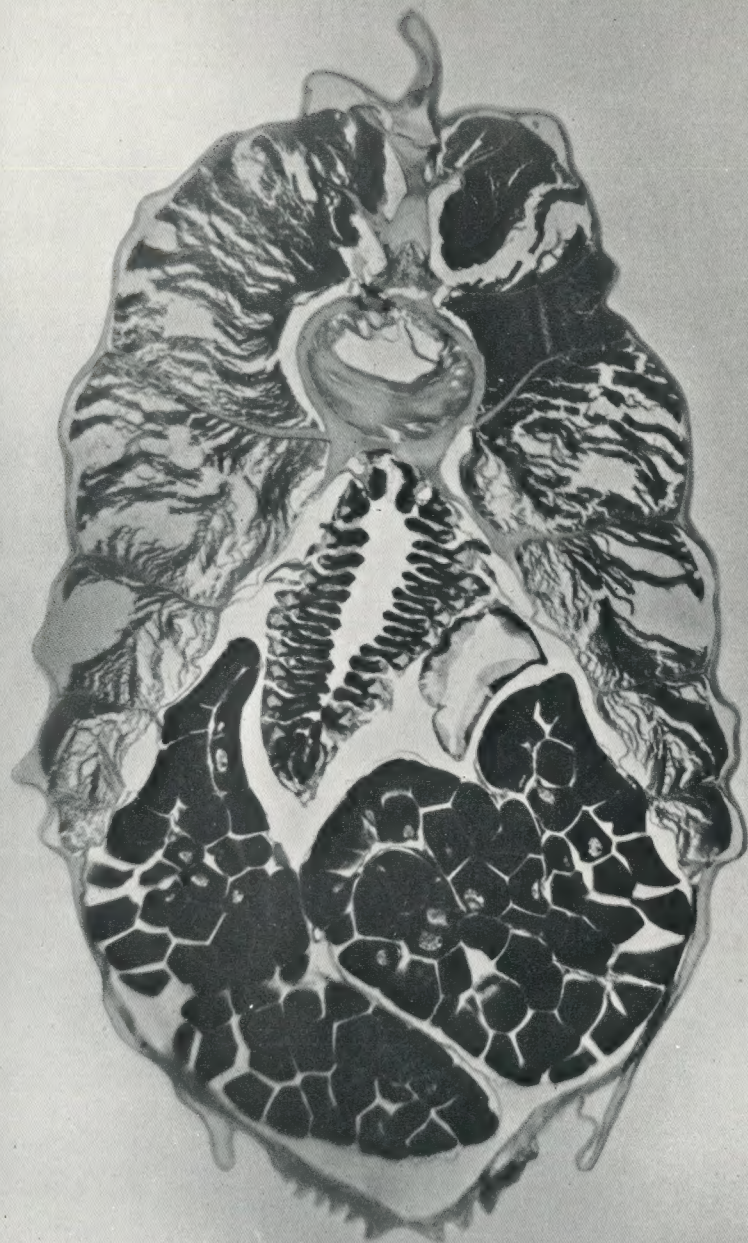
無数の細胞があるもの

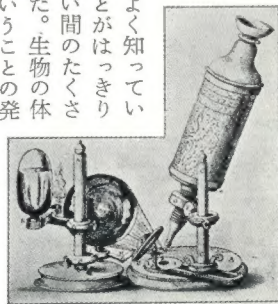
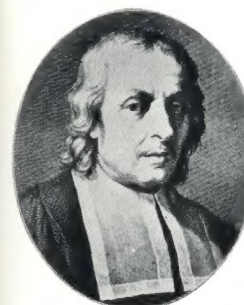
数個の細胞があるもの

一個の細胞があるもの

目　次

定価100円　1956年 1 月 25 日発行　発行者　岩波雄二郎　印刷者　米屋勇　印刷所　東京都港区芝浦２ノ１半七写真印刷工業株式会社　製本所　永井製本所　発行所　東京都千代田区神田一ッ橋２ノ３株式会社岩波書店

ナメクジウオ ×50

細胞学の発達

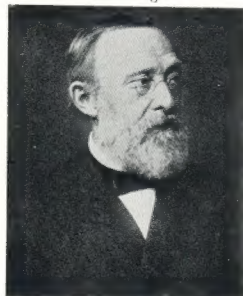
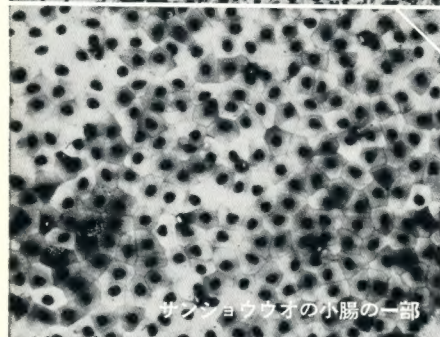
どんな生物でも、その体が細胞という微小な小体が集まってつくられているということは、誰でもよく知っていることであるが、このことがはっきりとわかるまでには、ながい間のたくさんの研究者の苦労があった。生物の体が細胞からできているということの発見が、今日の生物学の発展をきずいた土台になったのである。したがって細胞学の発達には、多くの場合顕微鏡の発達が先行する。細胞の研究と顕微鏡の発達とは、切りはなすことのできない深い関係にある。レンズを利用して、ものをみる光学機械が考案されるようになって間もなくの頃、一六六五年にロンドンの一物理学者ロバート・フーク（Robert Hooke 一六三五―一七〇三）が、手製の顕微鏡でいろいろな物体を観察して、これを「顕微鏡図譜」（一六六五）として発表したが、この本の中でコルクの薄片を顕微鏡でみると、たくさんの小房からできていることをのべ、その小房に細胞（cell）という名を与えている。これが細胞学の発達のいとぐちをつくったのである。その後、イタリーのマルピギー（Malpighi 一六二八―一六九四）とか、オランダのレーベンフック（A. van Leeuwenhoek 一六三二―一七二三）などが細胞の研究をしたが、まだ生物の体をつくるものが細胞であるということは一般に認められるには到らなかった。ついでロバート・ブラウン（R. Brown 一七七三―一八五八）が細胞の中に更にもう一つの小体（核）のあることを発見するに及んで、だんだん細胞に対する注目が高まって来た。そして、ついに一八三八年にドイツの植物学者、シュライデン（M. J. Schleiden 一八〇四―一八八一）が、どんな植物でもその体をつくっているものは細胞であるということを顕微鏡的にはっきりと、且つ確実に示す論文を発表し、またその翌年の一八三九年には同じくドイツの動物学者シュワン（Th. Schwann 一八一〇―一八八二）が、動物も植物も一様にその体をつくるものは細胞であることを確認する論文を公にして、ここにはじめて生物体の構成単位となるものが、

フーク手製の顕微鏡

フークが見たコルクの細胞

マルピギー

レーベンフック

細胞という顕微鏡的の小体であることが学界に認められるようになったのである。これが細胞説であって、生物学発達の歴史の上で忘れることのできない重要な仕事となった。その後、ウィルヒョウ（R. Virchow 一八二一―一九〇三）が細胞が増殖するのは分裂によってのみ行われることをつきとめ、つづいて一八八〇年から八三年にかけて、ストラスブルガー（E. Strasburger）、フレムミング（W. Flemming）、バン・ベネデン（E. van Beneden）などによって細胞分裂の過程が詳細に研究され、細胞の分裂に先立って核の中に幾つかの小体、染色体があらわれ、まず染色体の一箇一箇が相等しい二箇に分れてから細胞体が二分することが明らかにされた。核の中に現れる小体に染色体（Chromosome）の名を与えた人はワルダイヤー（W. Waldyer 一八八八）である。

細胞学の発達は大よそ三つの時期に分けられる。第一期は一八四〇年前後から一八七〇年前後まで。原形質の発見から細胞説の発展した時期で、研究方法も顕微鏡も幼稚な時代である。第二期は一八七〇年から一九〇〇年に至る時期で、生物の発生、細胞の分裂、染色体の形態的研究、受精現象の観察などが活溌になった。研究方法も組織を薬品で固定、ミクロトームで薄片とし、色素で染色する方法が行われた。遺伝学と細胞学のむすびつきが容認され、発生のしくみが明らかになったのもこの時代である。第三期は一九〇〇年以後で、三五年間埋れていたメンデルの法則が一九〇〇年に再発見され、遺伝の根本的なしくみが明らかになると同時に、遺伝学と細胞学の緊密な関係が学者の注目を引いて、遺伝の染色体説が発展、躍進した。一方、性決定における染色体の役割が確認され、その研究も一九三〇年前後からは交叉（染色体における遺伝子の乗換え）の細胞学的しくみの研究が起り、また核型と類縁問題、倍数体とその作物育種への応用などの研究が発達。他方では染色体の形態から生化学的研究へと飛躍し、一九五〇年頃からは、更に遺伝現象発現の化学的しくみが研究され、いまや細胞の形態学から化学へと発展しつつある。

シュライデン

ウィルヒョウ

Mikroskopische

Untersuchungen

über

die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachsthum

der

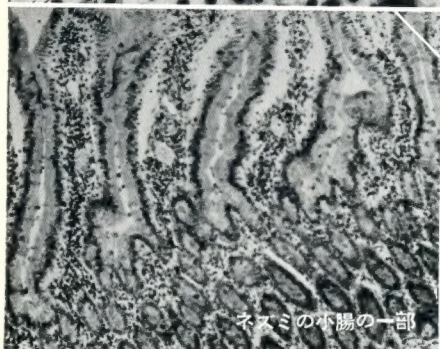
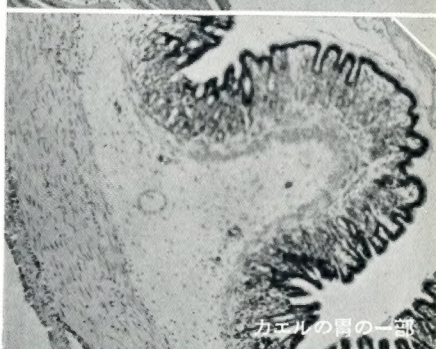
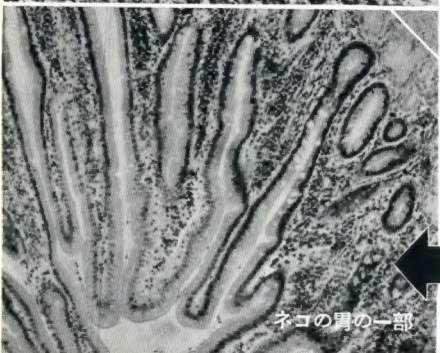
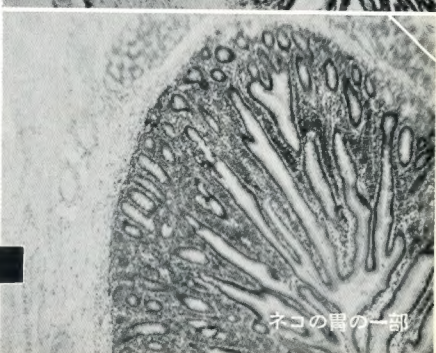
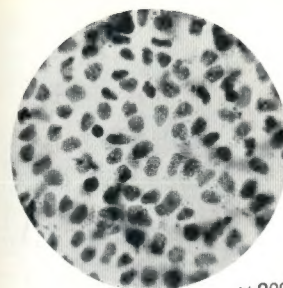
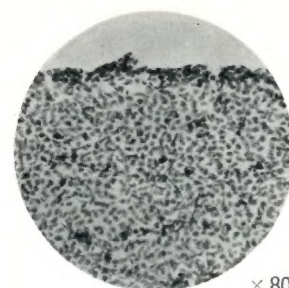
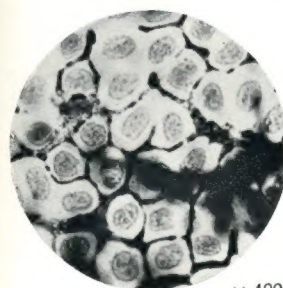
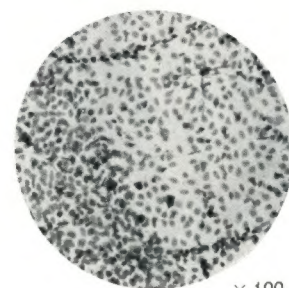
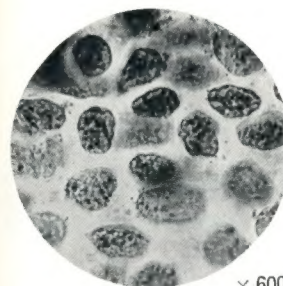
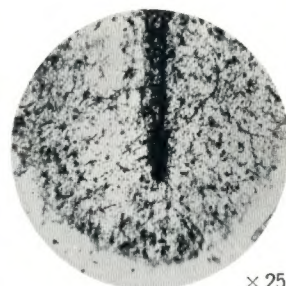
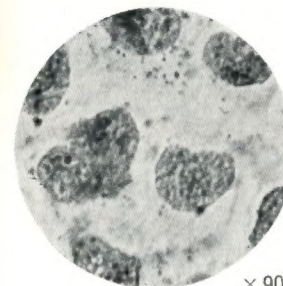
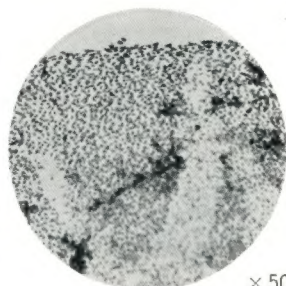
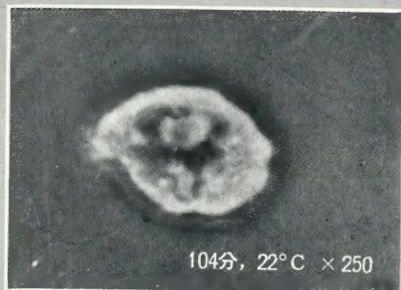
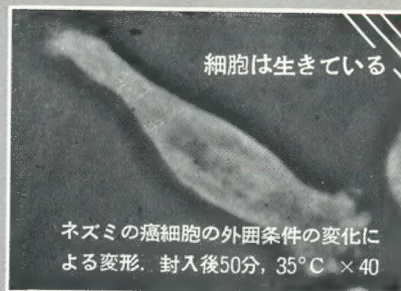
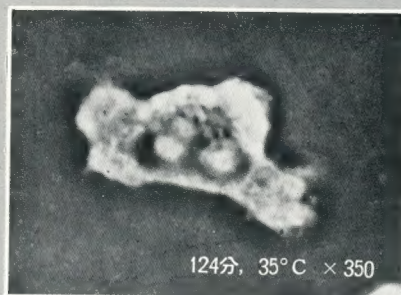
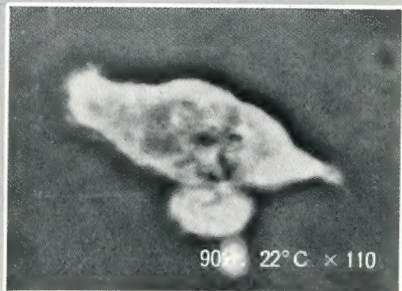
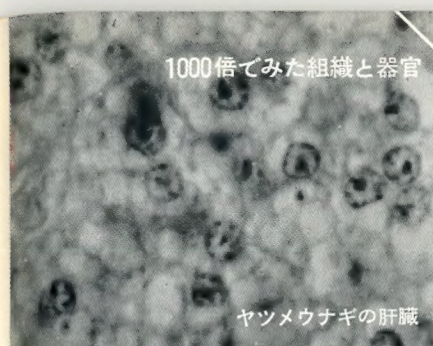
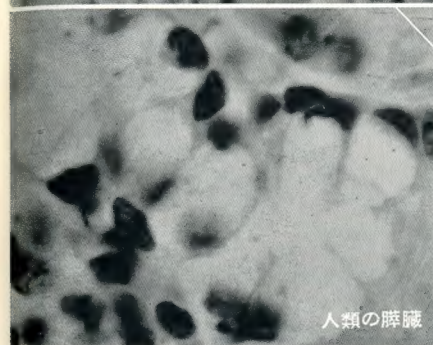
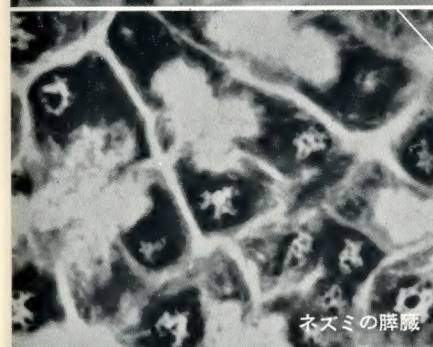
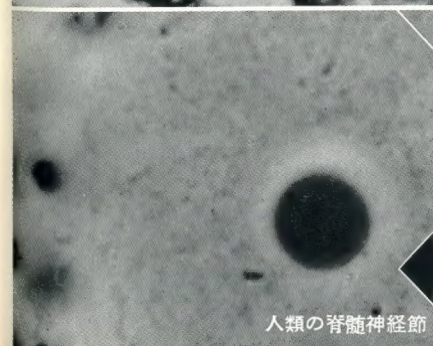
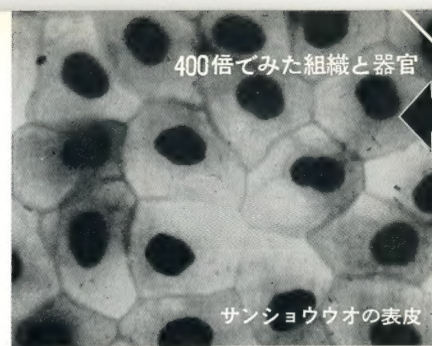
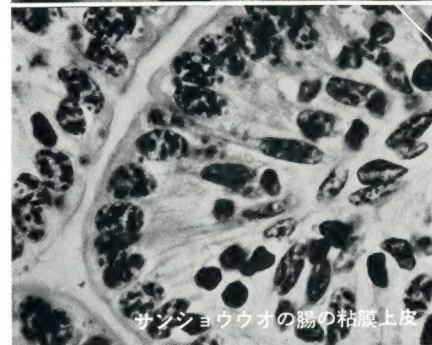
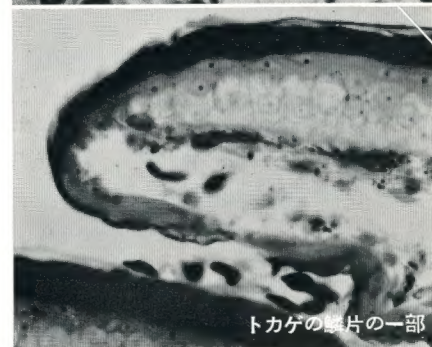
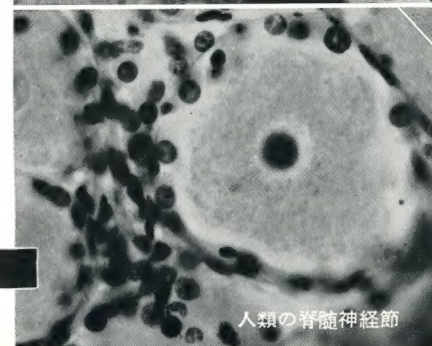
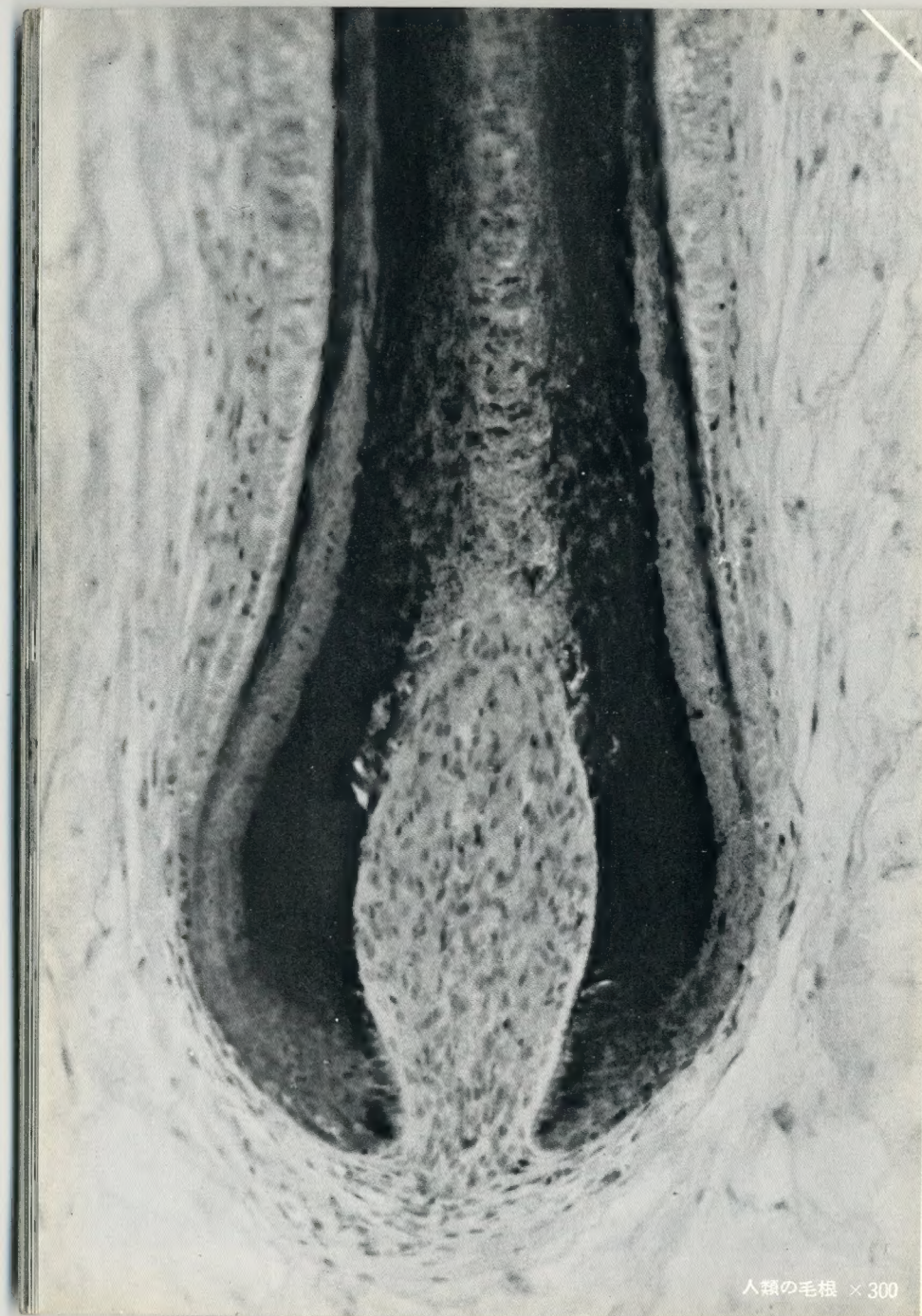
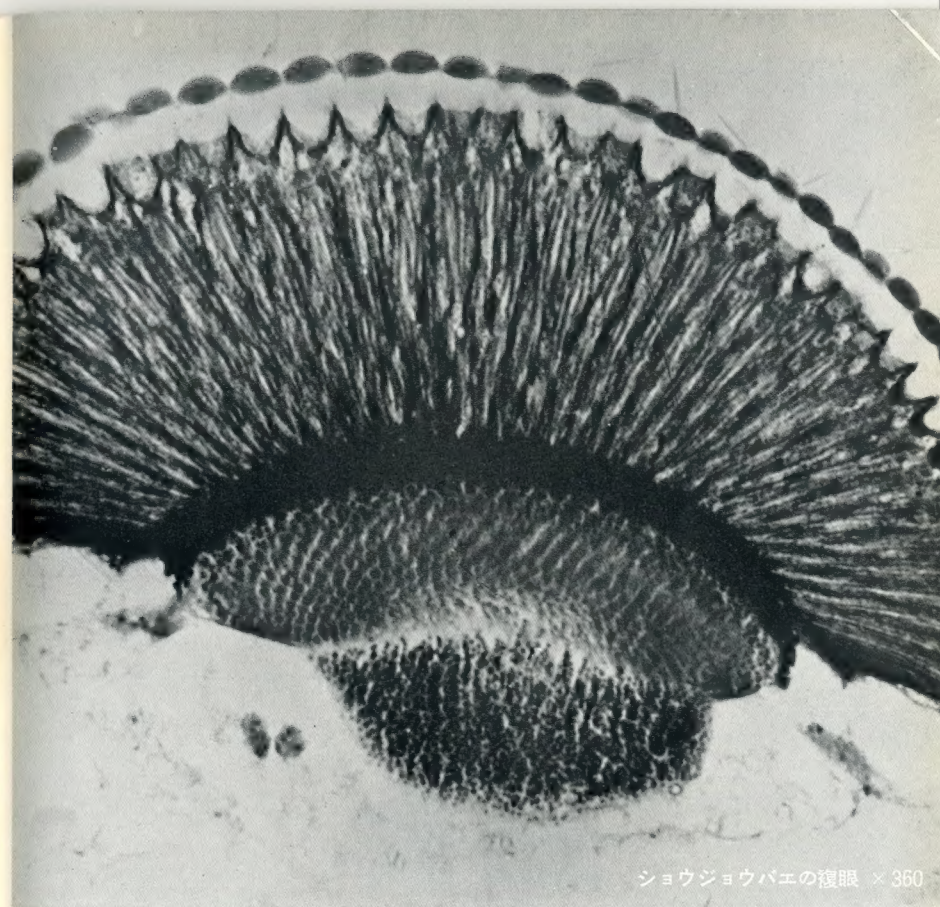
Thiere und Pflanzen

von

Dr. Th. Schwann.

Berlin 1839.

シュワンの論文の扉

バン・ベネデン

細胞の形や大きさは、動物の種類によって、また組織の種類によって大いに異る。動物が下等だから細胞が大きいというような原則も認められない。一般に筋肉、神経、血球などの細胞は他の組織細胞にくらべて形が大きく、哺乳類や鳥類、爬虫類の細胞は、両棲類の細胞に比してはるかに小さい。今までに発見された動物の細胞で最も大きいものは、北米ミシシッピー川の *Amphiuma means* というサンショウウオの赤血球で七七×四七ミクロンある。

細胞は生きている
104分，22°C ×250
ネズミの癌細胞の外囲条件の変化による変形．封入後50分，35°C ×40
124分，35°C ×350
67分，35°C ×40
133分，35°C ×500
80分，35°C ×50
150分，35°C ×500
90 22°C ×110
1000倍でみた組織と器官
ヤツメウナギの肝臓
人類の膵臓
ネズミの膵臓
人類の脊髄神経節
400倍でみた組織と器官
サンショウウオの表皮
サンショウウオの腸の粘膜上皮
トカゲの鱗片の一部
人類の脊髄神経節

人類の毛根 ×300

ショウジョウバエの複眼 ×360

動物の組織

すべての生物の発生は一個の卵子と一個の精子との合体、受精に出発する。受精の現象なしに生物がわくことはありえない。生殖行為によって精子と合体した受精卵は、何回も分裂をくり返すことによって無数の細胞を生ずる。やがてそれらの細胞の間にその性質や作用の上で分化が起り、同じ性質の、同じ作用をもった細胞が相集って密接な関係をもった集団をつくる。この細胞の集団が組織である。動物の組織には表皮組織、補助組織（あるいは結締組織）、筋肉組織、神経組織、血液と淋巴の五種類がある。動物の体をつくっているいろいろな器官、例えば消化器官にしても、呼吸器官にしても、運動器官にしても、何れも作用や性質の違う二種以上の組織が結合してできている。

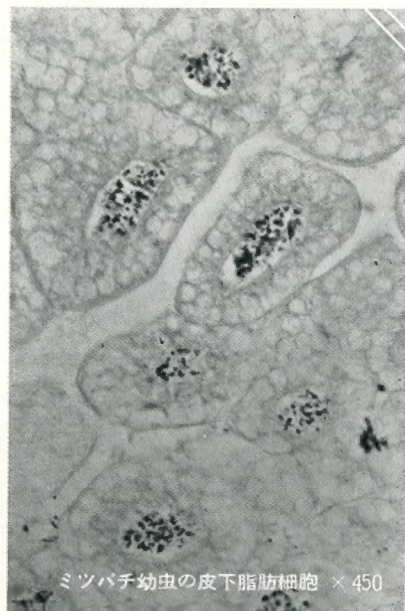
サンショウウオの食道 ×30

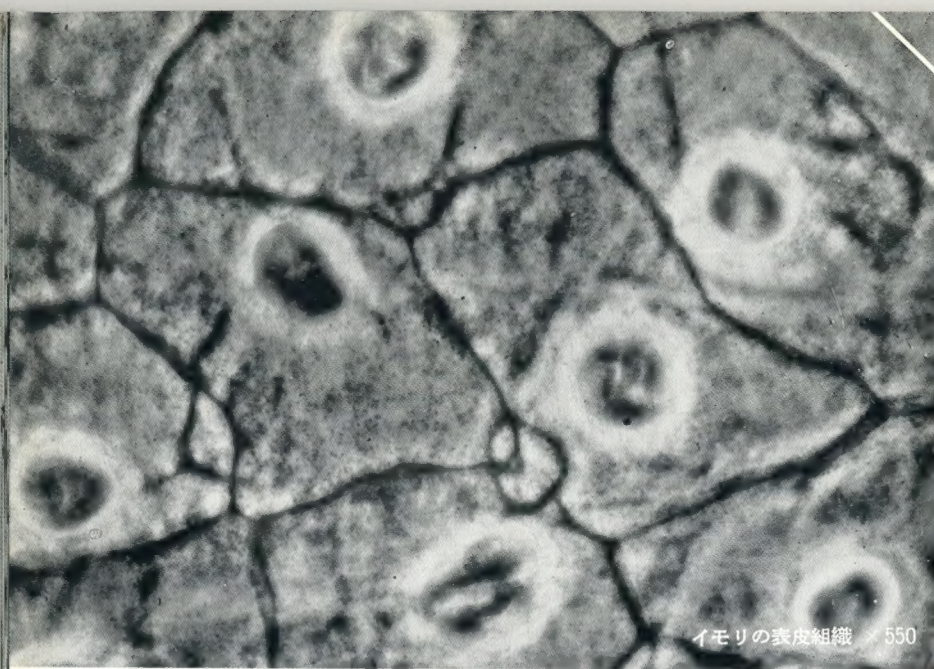
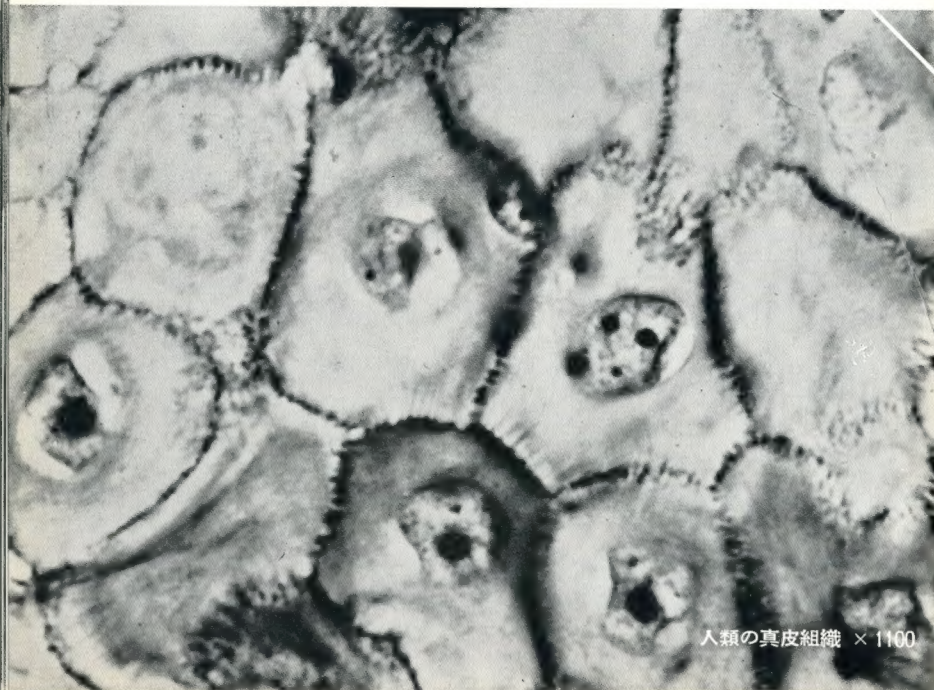
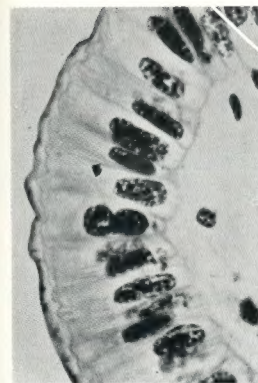
ネズミの腹水癌の細胞 ×900

細胞の形

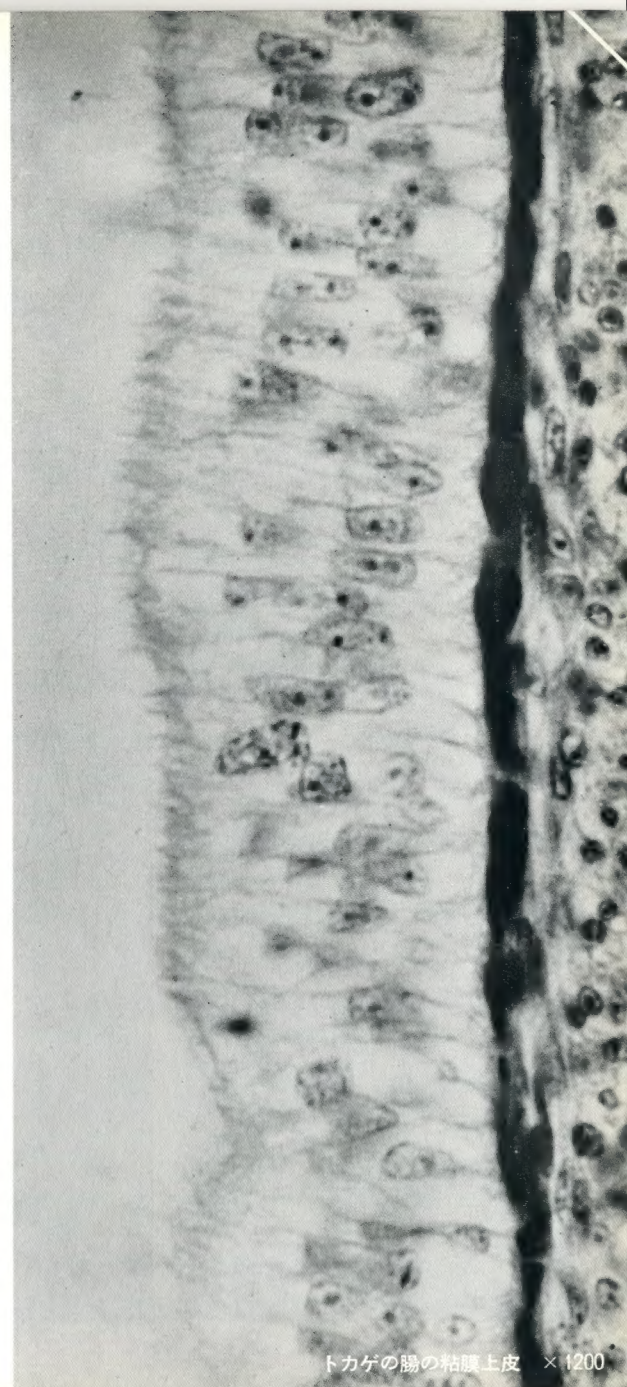
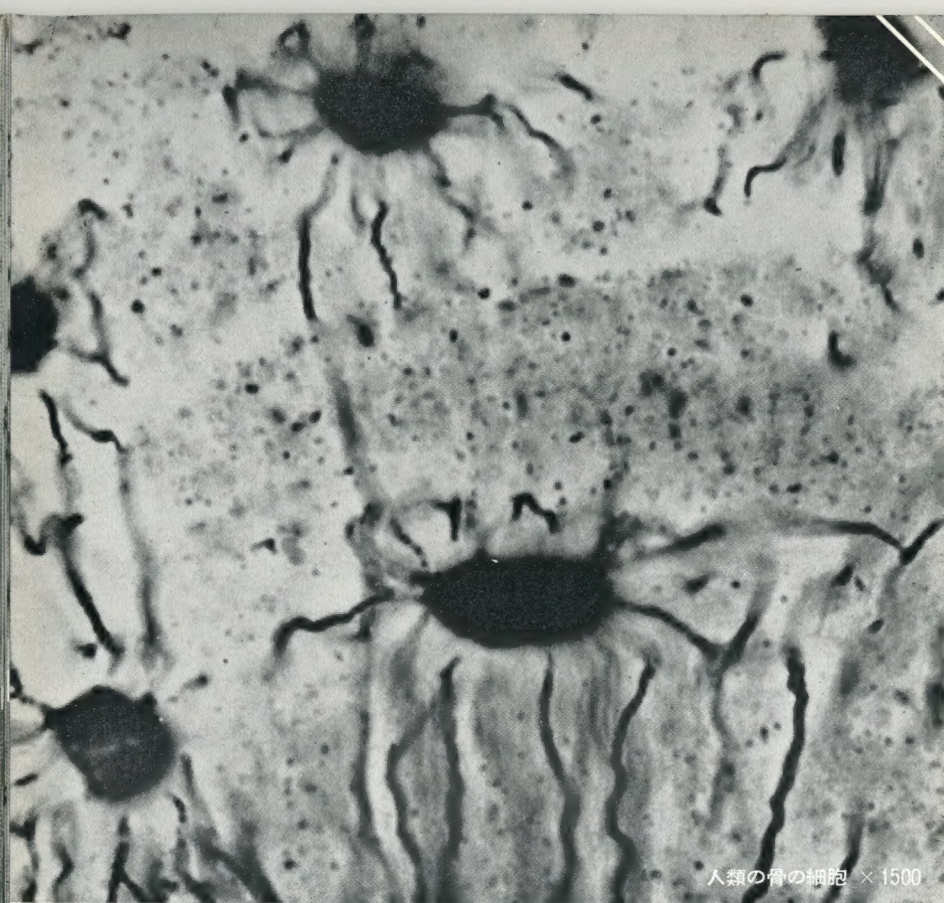
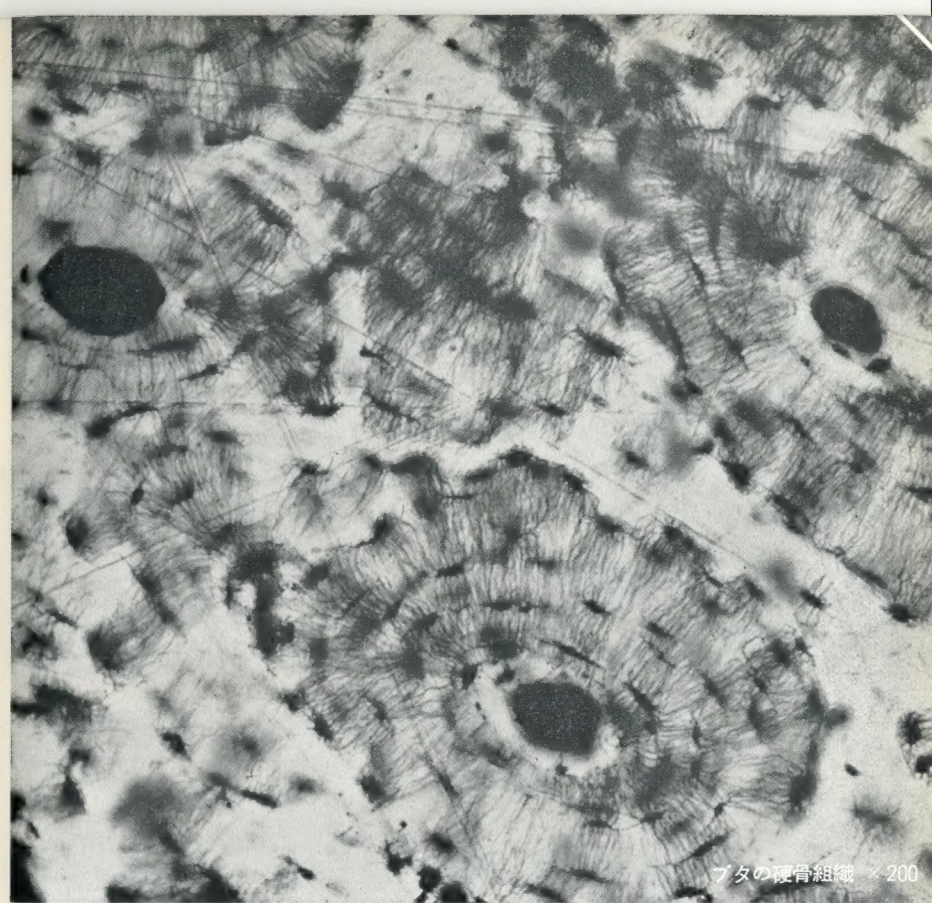
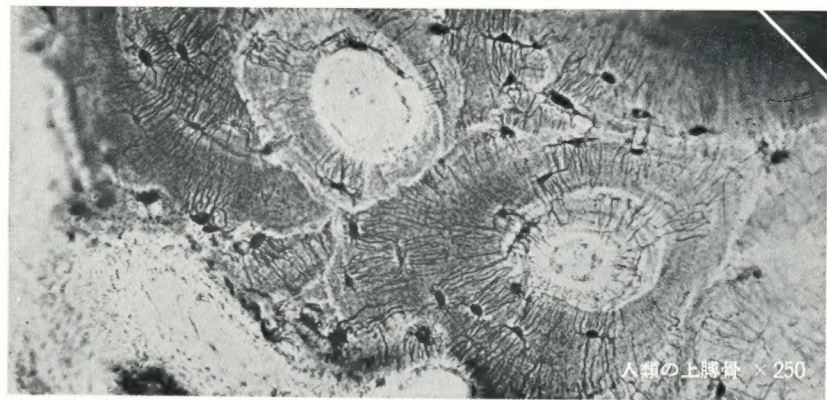
細胞の形や大きさは、組織の種類により、又その働きに応じて違っている。球型、あるいは楕円型が基本型で、一般に遊離して存在している卵細胞とか、血球細胞、腹水癌の細胞などにその例が見られる。表皮細胞は概して扁平で多角形であり、粘膜上皮の細胞には丈の高い円柱状のものが多く、細胞の自由端には繊毛を生じている。筋肉組織をつくる筋肉細胞は繊維のような細長い形をしており、神経組織をつくる神経細胞は大型で、数本の長い繊維状の突起のあるもの、更にその突起が毛根のように分枝したプルキネエ氏細胞など、複雑な形状が多い。色彩を表わす色素細胞は、樹枝状の突起を出し、伸縮しつつ組織の間を移動する。動物の精子も卵子も細胞の変化したものであり、精子は頭部といふ膨大部と尾部と呼ばれる鞭毛を備え、それを動かして運動する。細胞の主成分は原形質(蛋白質)であるが、化学的にも機能の上でも二つの部分、細胞質と核にはっきりと区別できる。核は細胞質の内部に存在する球型、又は楕円型の小体で細胞の働きの中心となり、原則として一個の細胞には一個存在する。

小脳のプルキネエ氏細胞 ×200

サンショウウオの色素細胞 ×800

ミツバチ幼虫の皮下脂肪細胞 ×450

イモリの血球細胞 ×1200

イモリの表皮組織 ×550

人類の真皮組織 ×1100

バッタの中腸の粘膜上皮 ×350

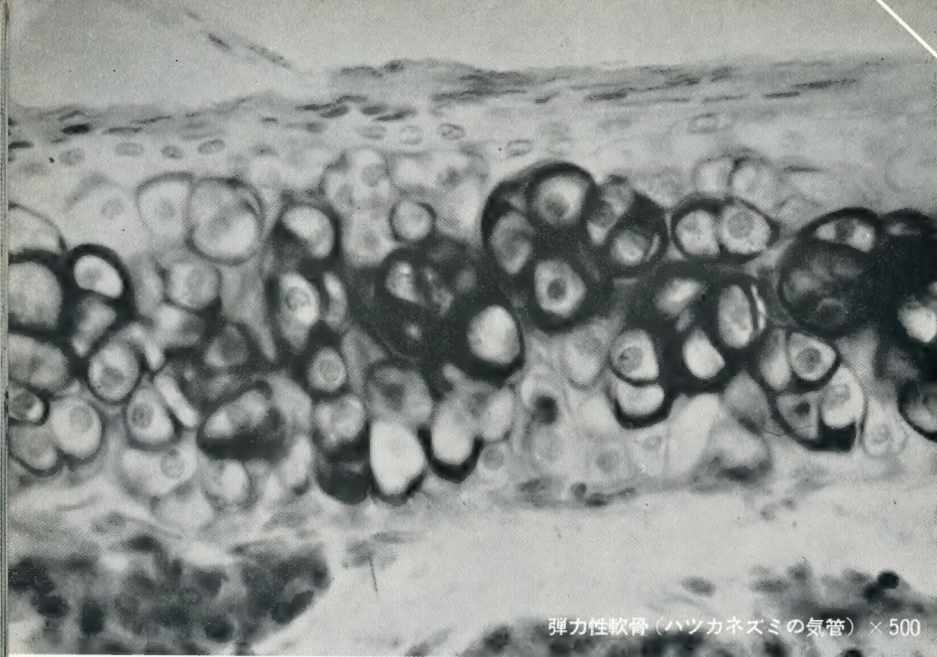
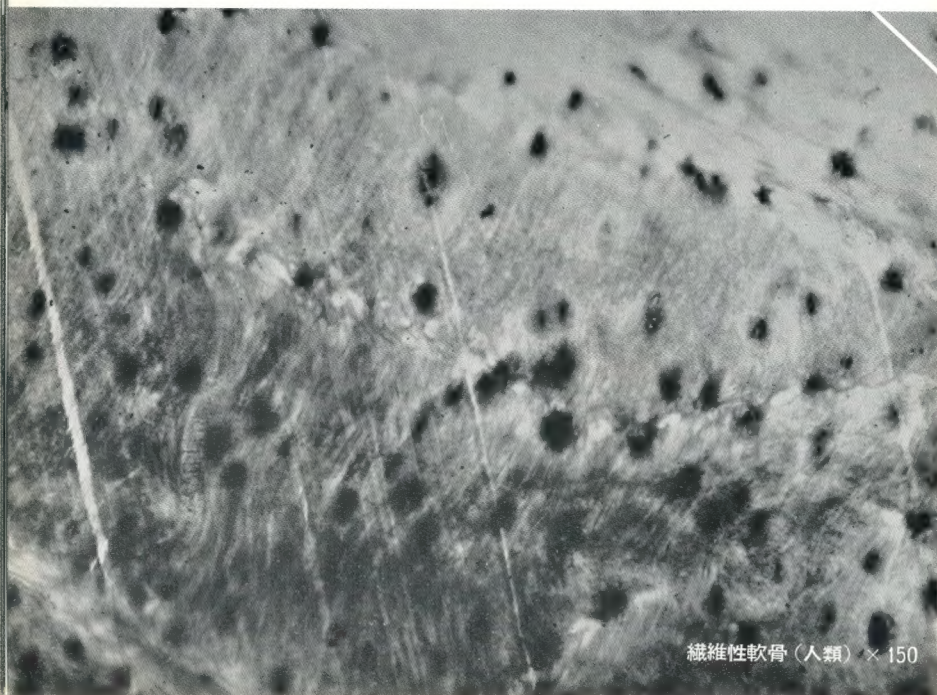
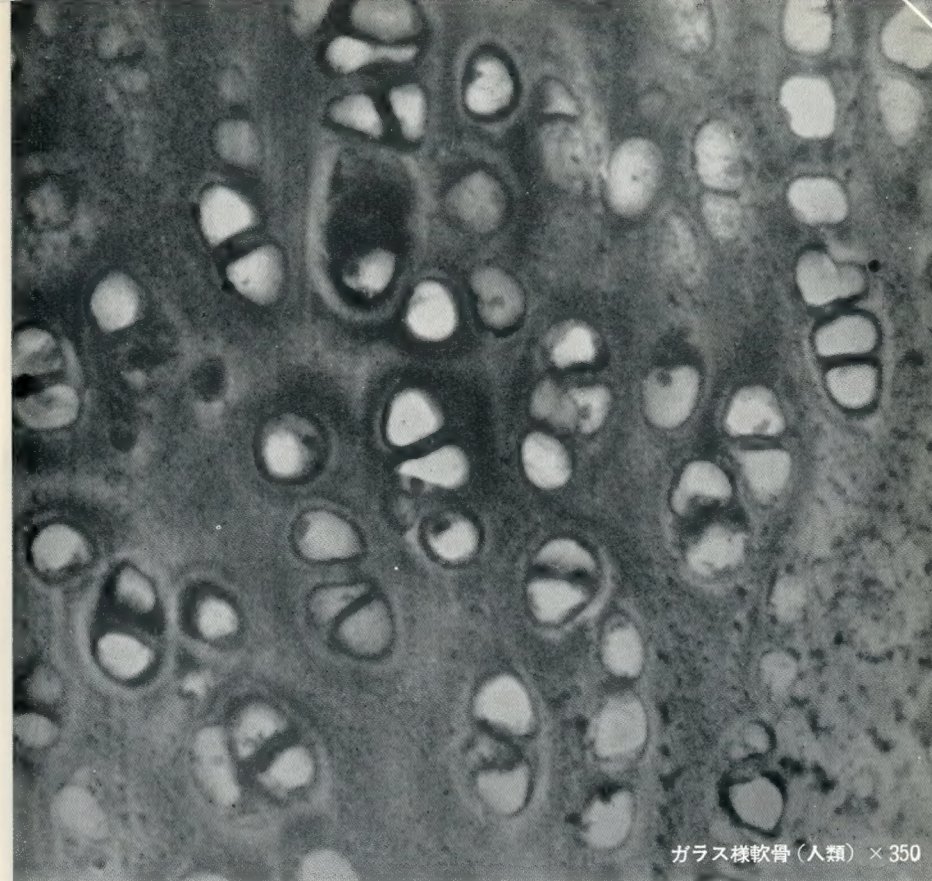
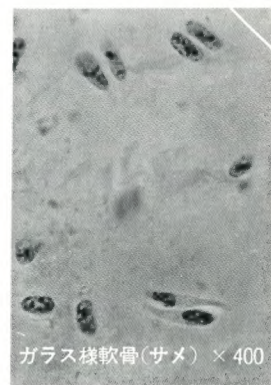
表皮組織

表皮組織は体の表面をおおい、その保護をするのが役目である。表皮組織の一番表面の細胞は扁平で、多角形または楕円形のものが多い。胃や腸の粘膜上皮の細胞は、丈の高い円柱、または円錐状で、細胞の自由縁にキチン質の層を生じたり、繊毛を備えているものもある。この繊毛を動かして食物を移動するのである。栄養分を吸収する役目も果している。

トカゲの腸の粘膜上皮 ×1200

ブタの硬骨組織 ×200

骨の組織

動物体を支える支柱となり、筋肉に附着する場所を与え、運動の働きをする骨格をつくっているものが硬骨組織である。骨の組織は他の組織と違い、その成分にいろいろな種類のカルシューム塩類を含んでいるため、その基質が著るしく固い。その組織は、血管や神経などの通ずる小孔を中心にとりまいて、細胞が同心円状に配列している系列が単位となり、そのような系列が多数集合したものである。骨の組織は極めて固いから、骨細胞は互いに連絡を保つため、それぞれ細長い突起を上下左右に出している。骨細胞は長い菱型をしているのが通例で、たくさんの突起を出した形はあたかもサツマイモを思わせるものがある。突起を通して隣りあった細胞が、かたい基質の中にあって互いに交通しあう事ができるのである。骨の最も外側は骨膜と呼ぶ血管や神経を含んだ柔らかい組織に包まれている。また中心部の骨随と呼ばれる組織も比較的やわらかく、血管や淋巴管が豊富に通り高等動物では造血の重要な場所である。空を飛ぶ鳥の骨は中空となっているが、これは重量を減ずるためである。

人類の骨の細胞 ×1500

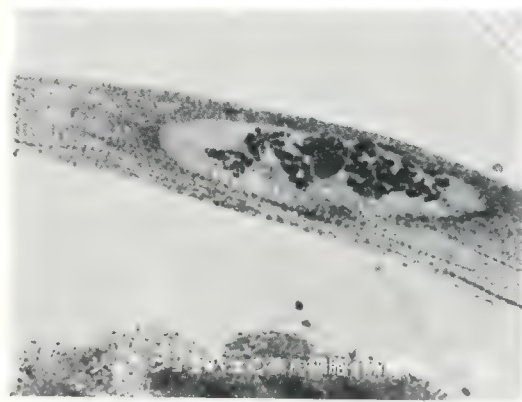
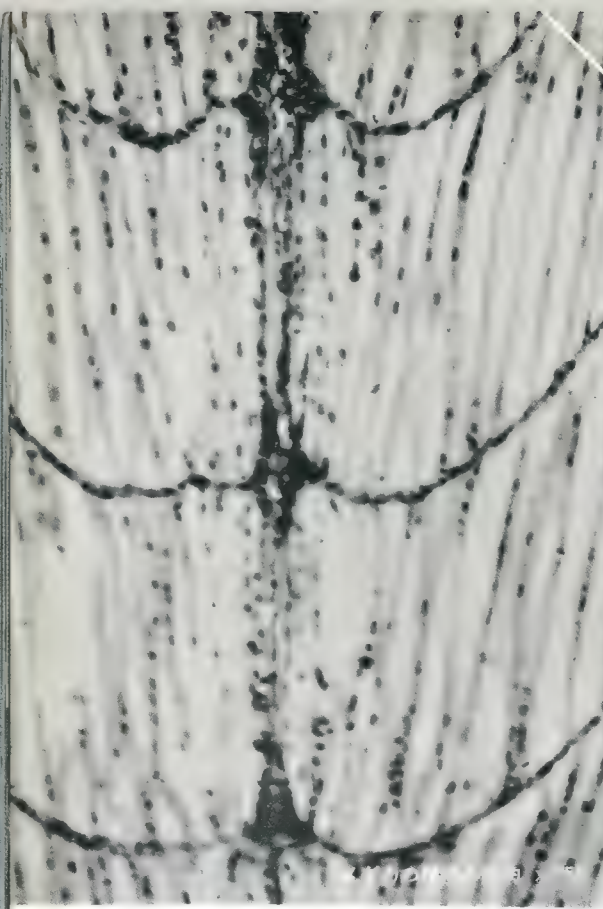
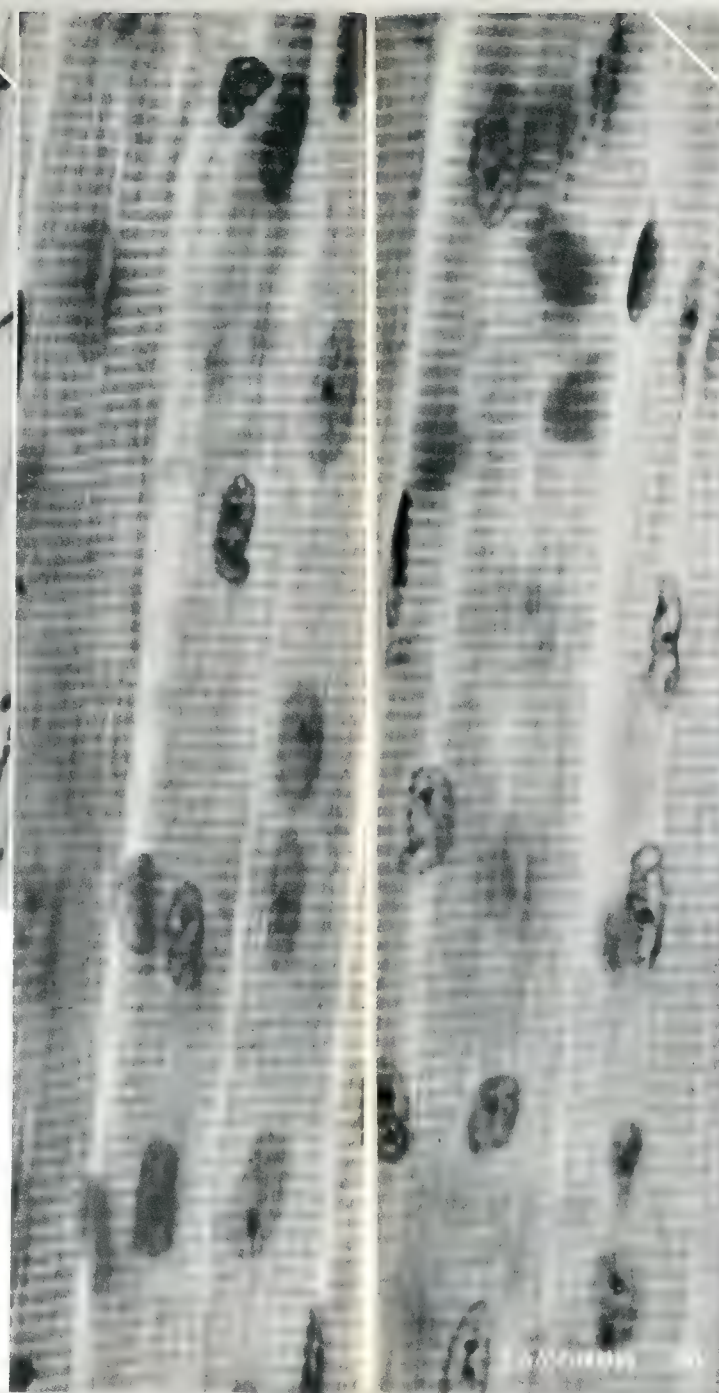
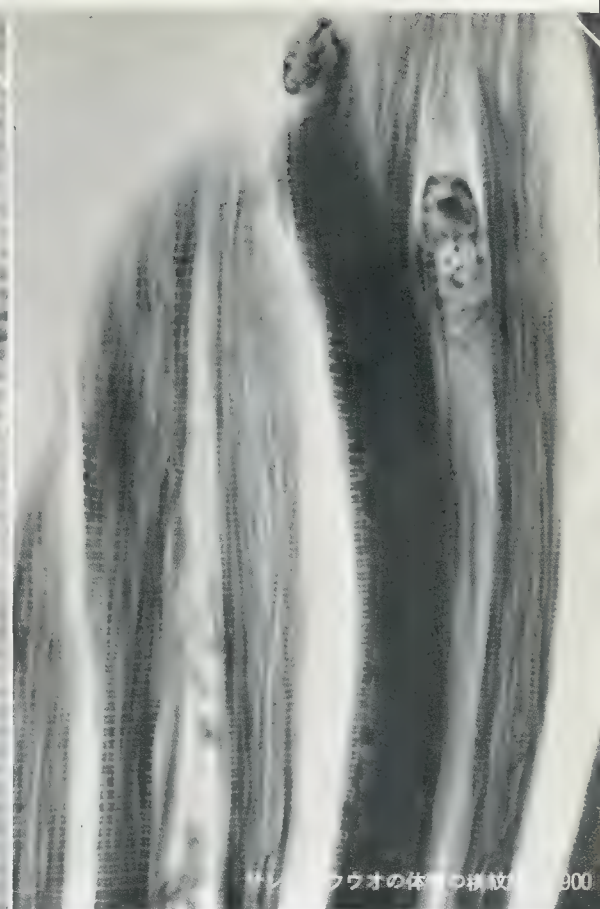
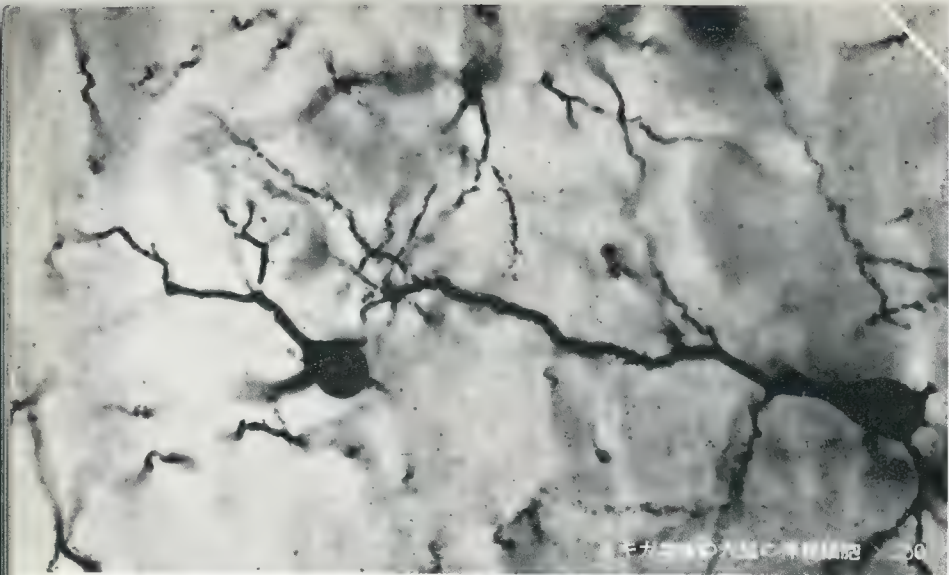
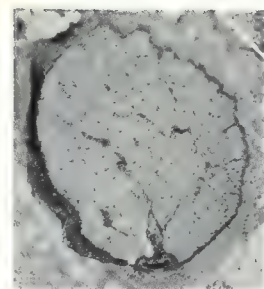
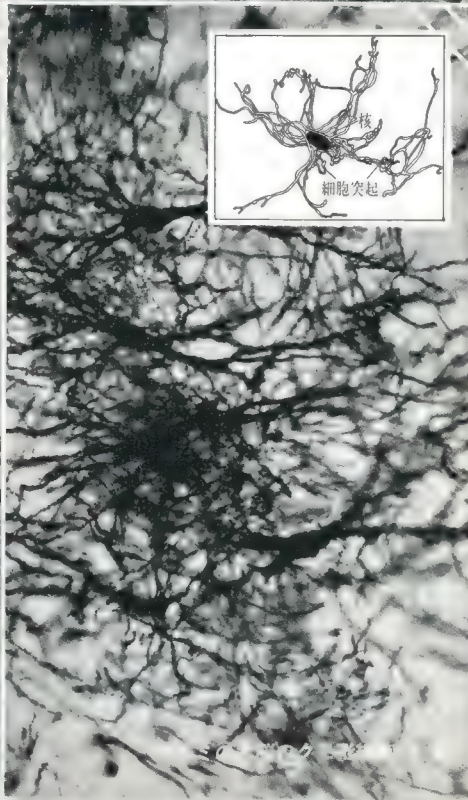
人類の上膊骨 ×250

弾力性軟骨（ハツカネズミの気管）×500

繊維性軟骨（人類）×150

ガラス様軟骨（人類）×350

軟骨組織

軟骨組織は一般に弾力性に富み、硬骨と同じく骨格を形成して動物体の支柱をつくるものであるが、弾力を必要とする場所、例えば鼻、耳、喉、肋骨の先端部、骨の関節部などに存在している。弾力性に富む基質部の中に軟骨の細胞が埋っているのが一般的構造であるが、細胞のならび方に特徴があって数箇ずつ細胞が一列に行儀よく並んでいる。基質の性質によって硝子様軟骨（基質が透明に近いもの、肋軟骨や鼻軟骨）、繊維性軟骨（基質が繊維性のもの、脊椎軟骨など）、弾力性軟骨（基質が弾性繊維を含むもの、耳殻、外聴道、喉頭部など）の別がある。軟骨は煮ると基質がニカワ質と繊維質に分れる。

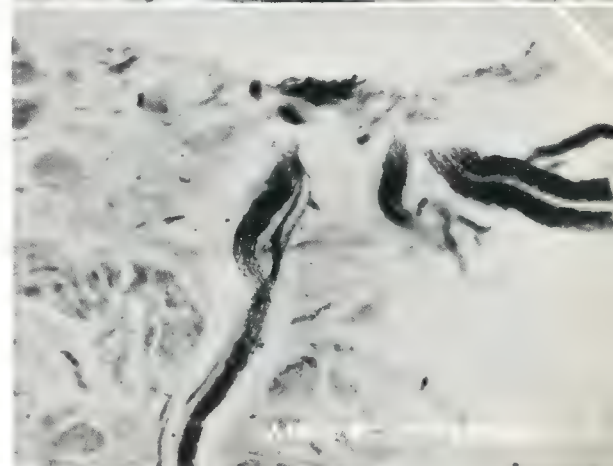
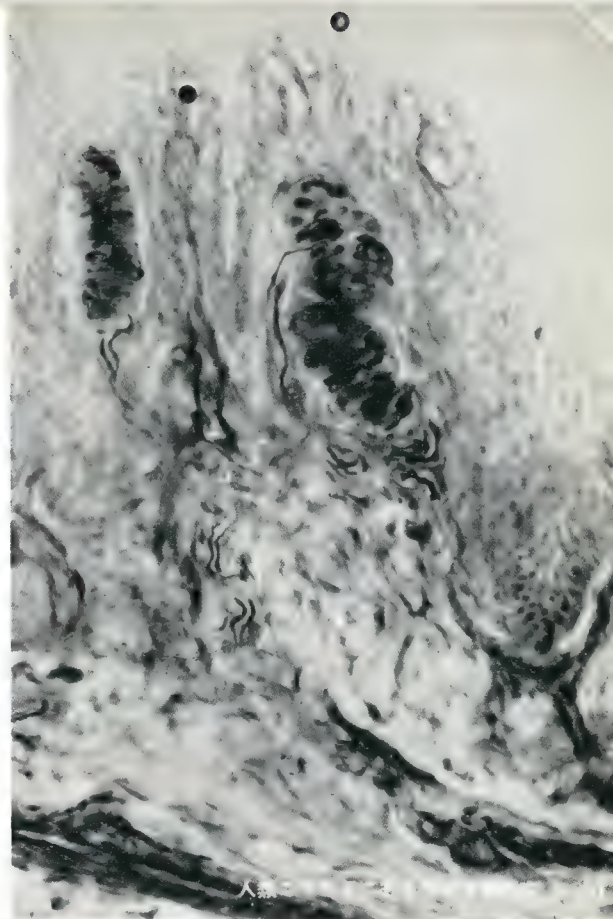
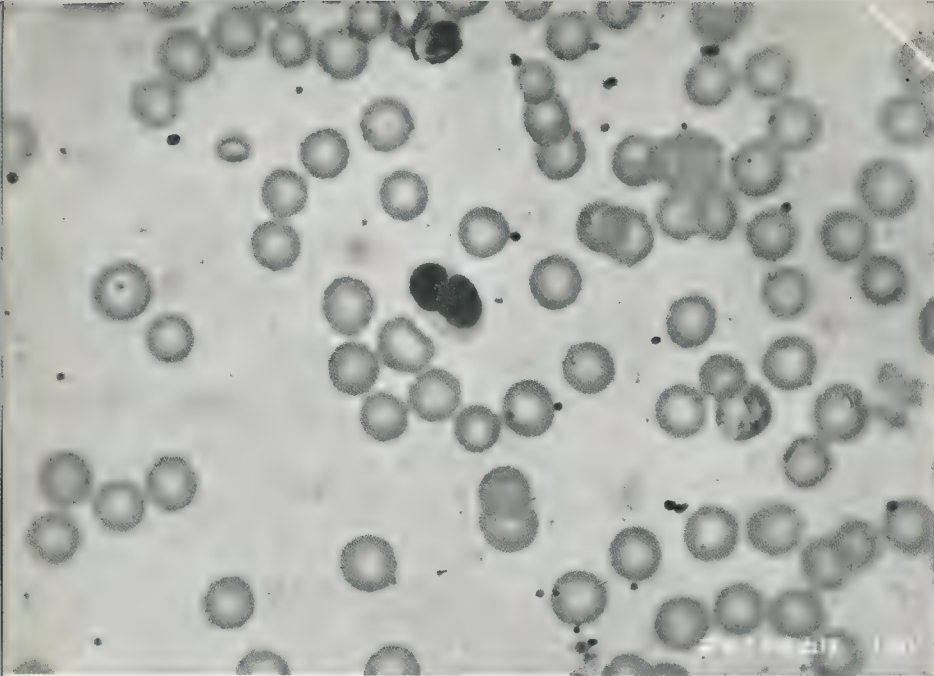
ガラス様軟骨（サメ）×400

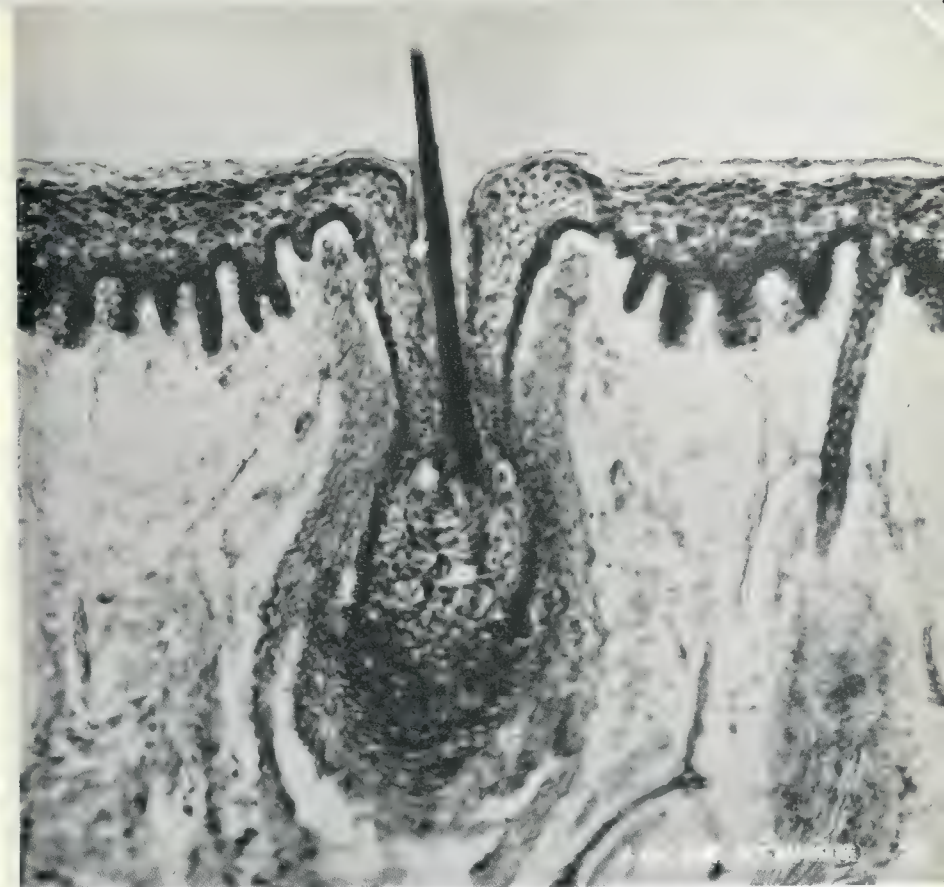
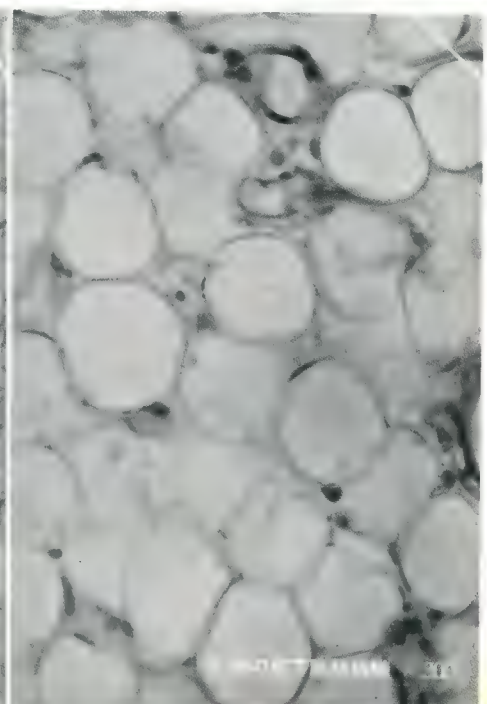
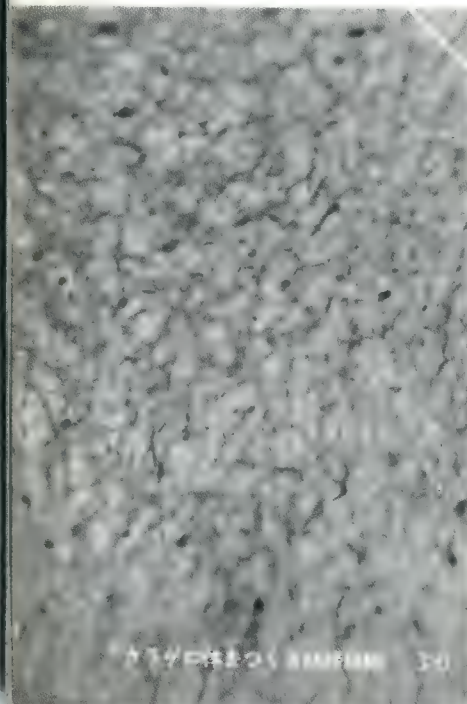
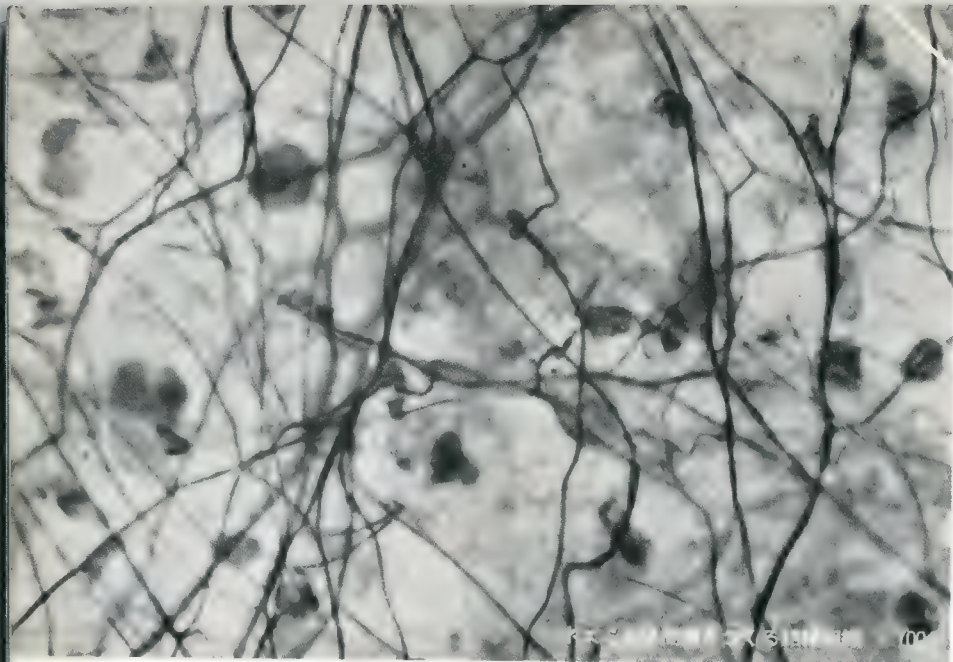
筋肉組織

筋肉は動物体の運動の器官である。筋肉の特性は刺戟に対する伸縮である。筋肉組織をつくっているのは一種の繊維で、これは特別に変化した細胞にほかならない。この細胞は名の示すように細長い細胞で、他の組織細胞に比較して形も大きく、特別な伸縮物質を多量に含んでいる。このような細胞が多数集合して束となっているのが、普通にいう筋肉であり、随意筋と不随意筋の二種類に大別される。随意筋は自由意志によって伸縮するもので筋繊維に横紋があり、不随意筋は自由意志で伸縮できず、横紋がなく、各種の内臓器官に存在する。この特徴によって前者を横紋筋、後者を平滑筋とも呼ぶ。

神経繊維の束(人類) ×50

神 経 組 織

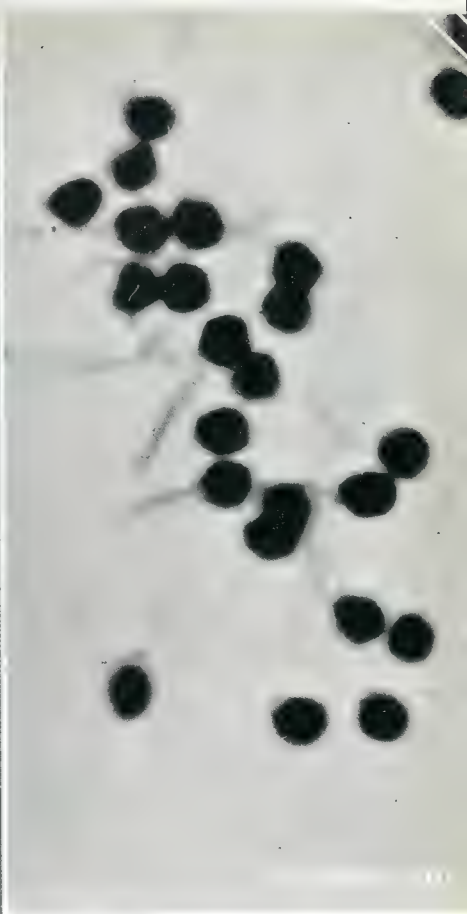
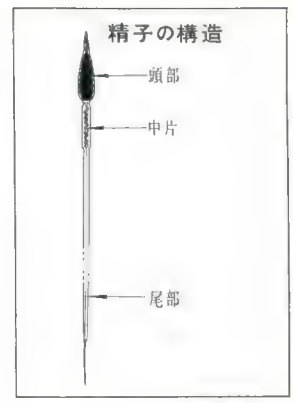
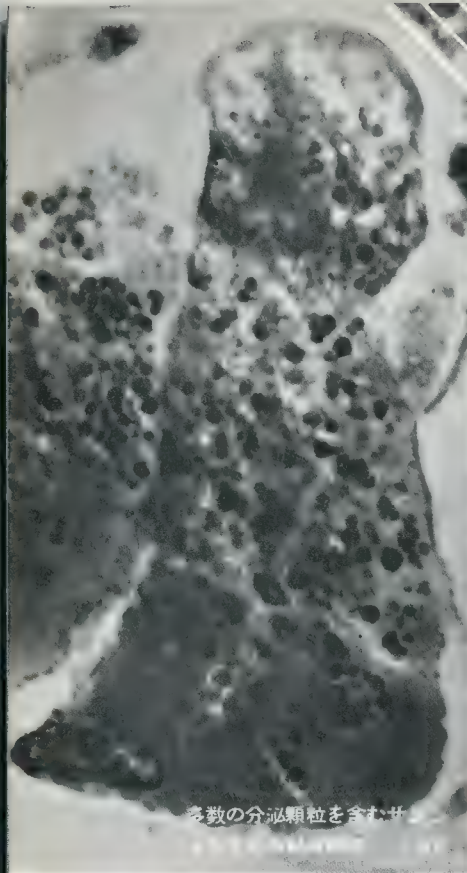
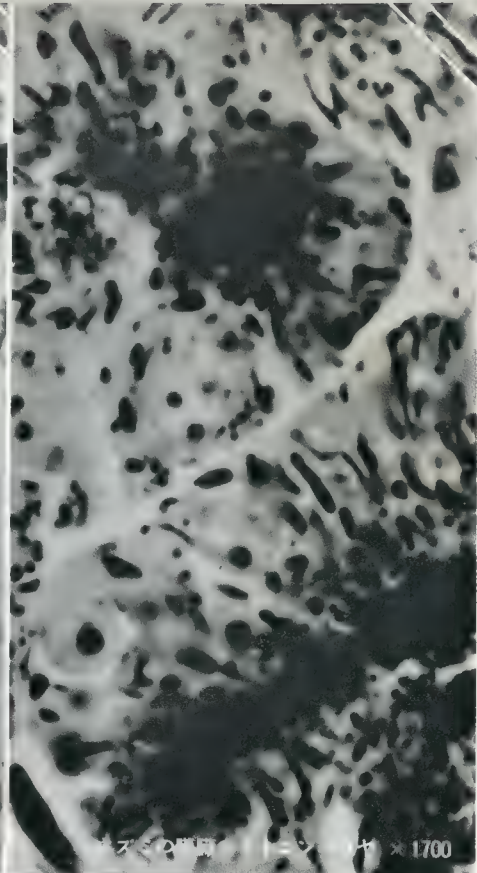
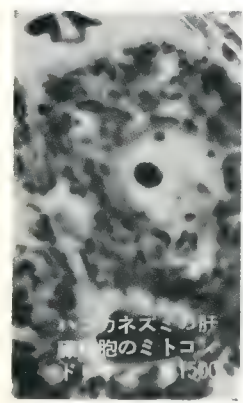
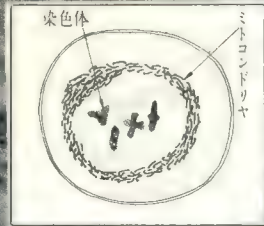
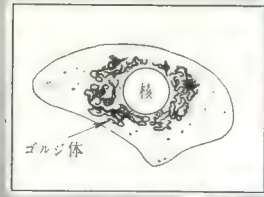
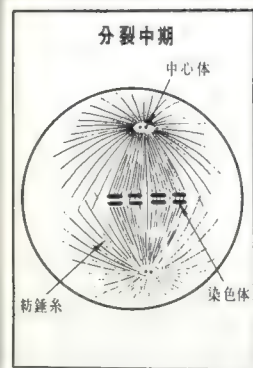
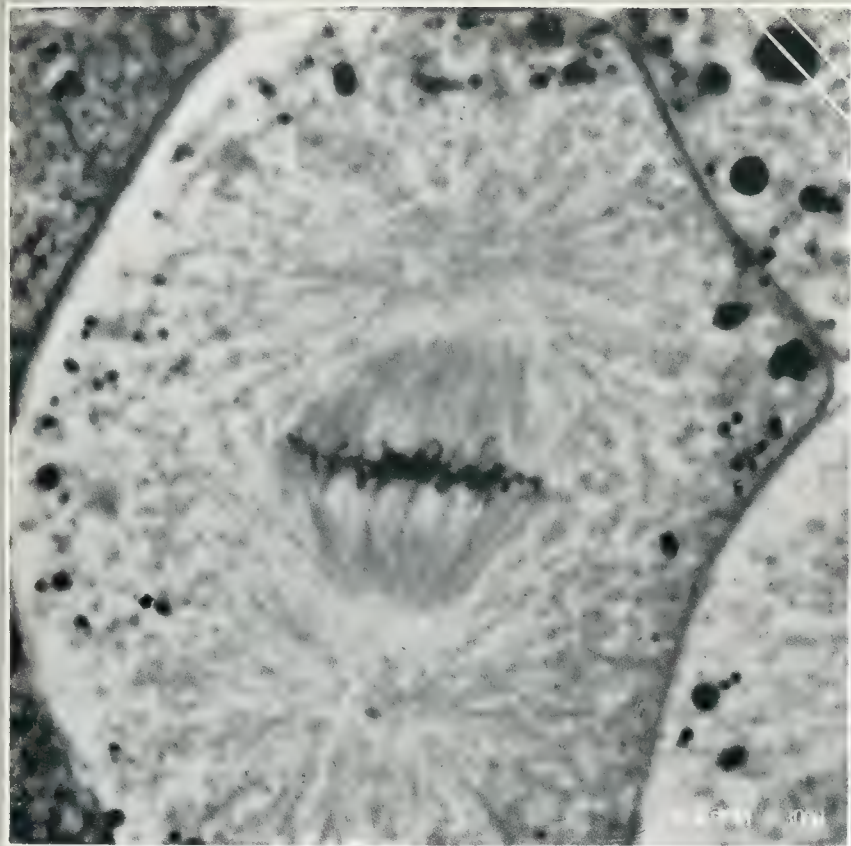
神経組織は神経器官をつくっているもので、すべての動物に存在しているが、高等な動物ほどよく発達し、最高の神経器官は人類が備えている。神経細胞は他の組織細胞に較べて形が大きく、一般に一本あるいは数本の繊維様の突起を備えていて、それが刺戟の伝導に役立ち、筋肉に命令を伝え、運動を起させる。普通われわれが神経と呼んでいるのはこの神経繊維の束である。皮膚や筋肉に分布する神経繊維の末端には外部からの刺戟を感受する特別な感受器官がある。神経細胞は形も大きく多くの突起を備えているために極めて複雑な構造をもっている。大脳にあるクモ形細胞や小脳のプルキネエ氏細胞などはその代表的なものであろう。

ハツカネズミの[illegible] ×1[illegible]

血　液

血液は血漿といわれる液体の中に血球細胞が遊離した状態で存在し、一定の循環系（血管）の中を流動する特殊な組織で、体の各部に酸素と栄養分を供給し、老廃物を運搬して排除する役目を果している。血球細胞には赤血球と白血球とがあり、赤血球は白血球に比較して甚だ数が多く大体一対五百の割合で存在する。哺乳動物の赤血球には核がないがその他の動物では核がある。白血球にはいろいろ種類があるが、何れも有核で一般にアミーバ状運動をし、異物が入って来ると自分の体の中に取りこんで溶かしてしまうなど人体の生理状態と深い関係をもっている。

結締組織

動物の組織が五種類に大別され、各々の組織は構造も違えば、働きも同じでないことは以上に述べたとおりである。結締組織は、動物体の中でこれらの器官や組織を結合したり、それらの骨組を作ったりするのが役目であり、補助組織と呼ばれるものの一つである。一般に性質の異る数種の繊維がからみあったような構造をもっているのが普通であるが、細胞がゆるく結合しあい、その間を繊維が縫っているような構造もあり、皮下の結締組織ではこのような組織がうすい層をなしている。肝臓や膵臓などの器官の骨組をつくっている組織は繊維の縦横にからみあった結締組織であるが、骨と骨とを結ぶスジとか、筋肉を骨に結合する腱などでは繊維が平行に走った構造をもっている。椎骨と椎骨の間の結締組織は繊維に伸縮性があって、脊柱を屈曲するのに役立つ。皮下や内臓の周囲などに存在している脂肪体をつくる脂肪組織も結締組織の一つで、これは脂肪質をみたした脂肪細胞が不規則に集合したものである。クラゲの組織も、眼球内の硝子体をつくるドロドロの組織も結締組織の一つである。

ハナウドゾウムシの精子 ×1800

精子

精子は特別に変態した細胞にほかならない。精巣の中で生殖細胞が成熟分裂(減数分裂)という特別な細胞分裂をして、染色体がその生物の固有数の半分に減数されると、核は次第に変形して特有な精子の形に変る。一般に精子には頭部とよばれる膨大した部分と、それに続く短い中片と長い尾部がある。頭部は核の変形したものであって核物質―遺伝物質―は全部この部分におさめられている。頭部の形は動物の種類により槍状、鎌状、円錐状、斧状、オワン状などいろいろある。尾部は精子の運動のために必要なもので、受精の時これを動かして卵子に近づく。

細胞の分裂

生物の体が成長するのは細胞の数が増加するからである。細胞の増加は一個の細胞が二個になることによって行われる。細胞の新生ということは絶対にない。新しい個体は受精によって一個の卵子が一個の精子と合体する事によって発生し、受精した卵子が何回となく分裂をくり返す事によって生物の体がつくり上げられる。卵子は母親の体の中で、母親の細胞からできたものであり、精子は父親の体の中でできた父親の細胞である。その卵子と精子が一しょになり、新しい動物体をつくり、やがて成長して卵子をつくり、精子をつくる。このように生物は細胞をなかだちとして、その分裂増殖によって過去から未来にわたって続くのである。細胞は必ず核を含んでいる。核は細胞の機能の上で重要なばかりでなく、遺伝の現象をあらわすもとになる遺伝物質を含むことにおいても重要な器官である。核の主要部分は染色体と呼ばれる小体であり、細胞の分裂はまず核の分裂が先立って行われるが、核の分裂は染色体の分裂によって行われる。染色体は塩基性色素によく染まるのでその名があり、特別な方法によって極めて鮮明に顕微鏡下に見ることができる。遺伝物質のすべてを含むこの染色体は、細胞が分裂する時にだけその特有な姿をあらわし、ふだんは核の中にあって、染色糸(あるいはラセン糸)と

分裂前期

中心体

ラセン糸

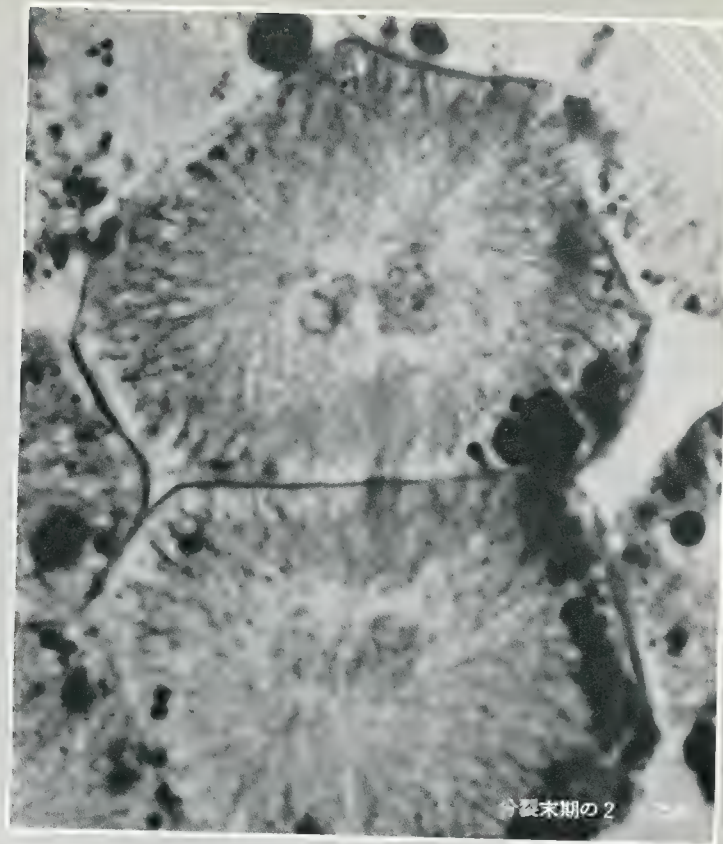
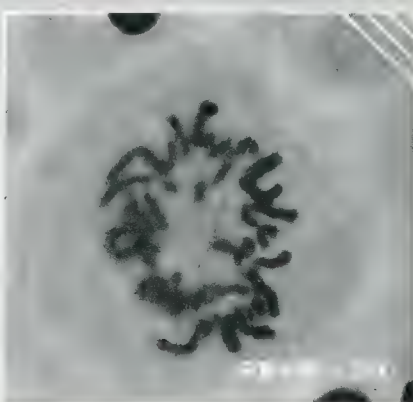
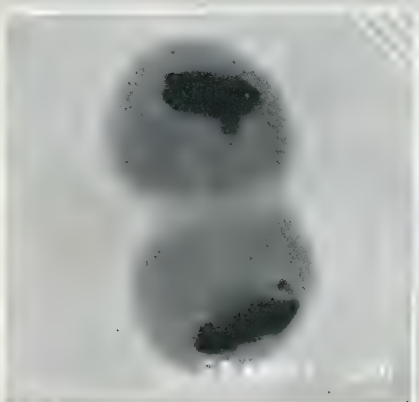
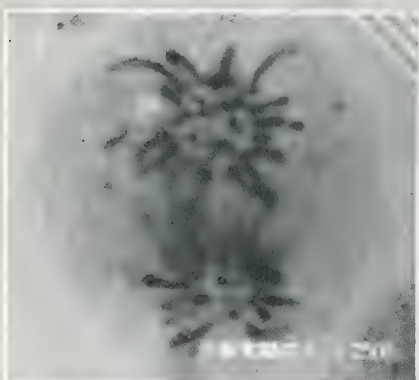
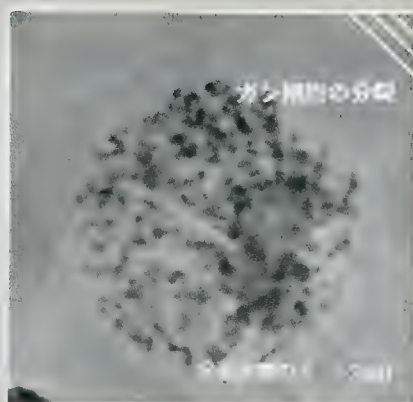
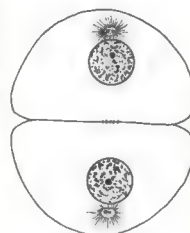
星状体

分裂後期

中心体
染色体
紡錘糸

よばれる繊細な糸のような基本構造をなして存在している。細胞が分裂をはじめると、核内のラセン糸は次第に発達して太くなり、特有な形をもった染色体、例えば棒状、粒状、J字型、V字型などの小体に発育する。それと同時に中心体が二分して細胞の両極に移行し、それを囲んで繊細な糸状体が放射状に発達し、いわゆる星状体と紡錘体が形成される。やがて核を包んでいる膜が見えなくなると、染色体は細胞体の中央部、ちょうど赤道にあたる所の一平面上に配列する。これまでを細胞分裂の前期といい、染色体が赤道面に配列している時期を分裂の中期という。紡錘体はたくさんの繊細な糸(紡錘糸)からなり、紡錘糸の一端は染色体の一端に、他端は細胞の両極に位置する中心体に結ばれている。染色体は両端を固定された糸によって細胞の中央につられるのである。やがて染色体には縦に割目があらわれ、それぞれ均等な部分に二分する。分れた娘染色体は紡錘糸の収縮によって両極へ引っぱられる。染色体が縦に二分し、両極へ移行するまでが分裂の後期である。分裂した娘染色体が両極に達すると、やがてそのまわりに膜があらわれて染色体をその中に閉じこめ、再び核が形成される。核内では染色体がまたもとのラセン糸に解体する。それと前後して細胞体の中央部にくびれがあらわれ、それが次第に深くなって、細胞は二個の娘細胞に切断される。これが細胞分

5
6
7
8

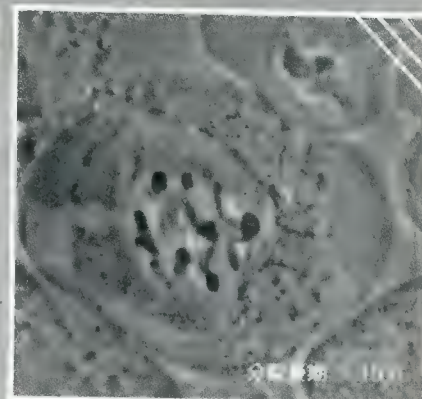
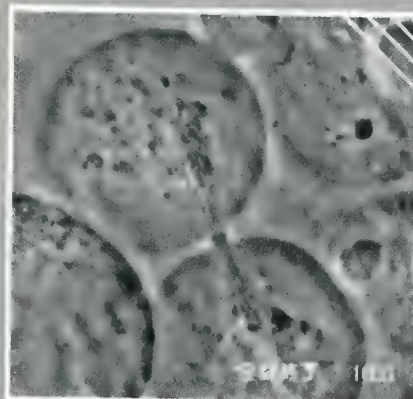
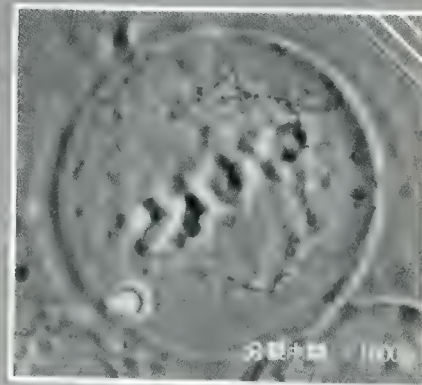
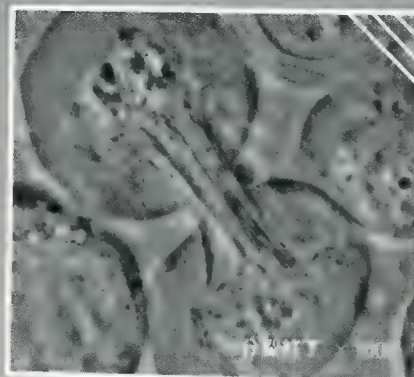
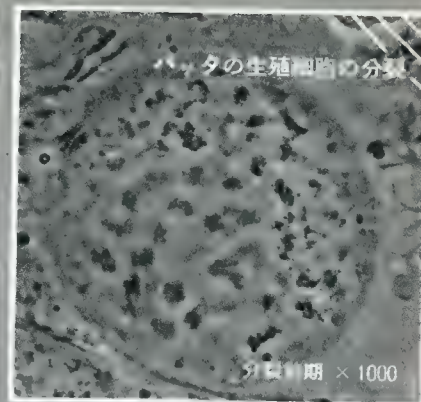
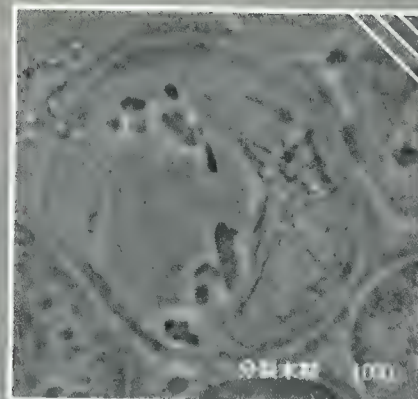
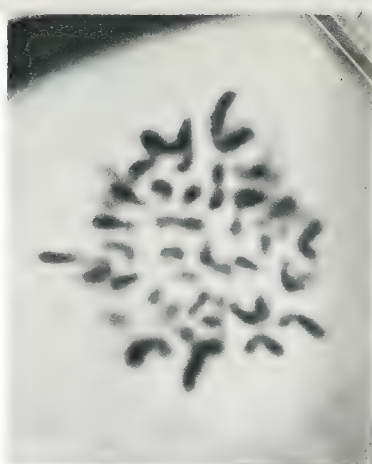
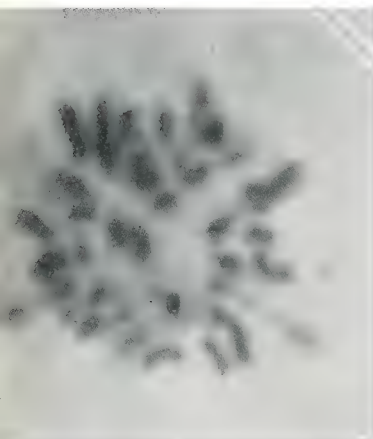
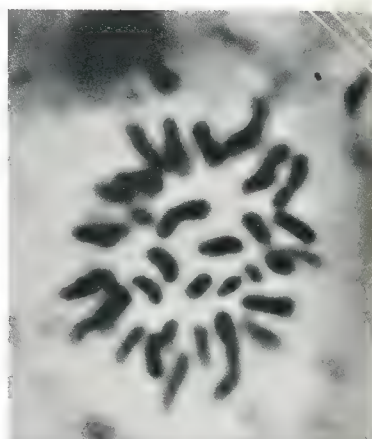
ガン細胞の分裂

裂の末期であり、これで分裂は完全に終る。分裂を終った細胞は、しばらくの休養期間をおいて再び分裂をはじめる。特別の場合（減数分裂）の外、細胞分裂の時、染色体の各々は相等しい二個に分れる。従って分裂前の母細胞がもっている染色体数と、分裂後の娘細胞がうけとる染色体数は全く等しい。こうして染色体は分裂によって細胞から細胞へと限りなく伝搬され、同時に染色体に含まれた遺伝物質も、母細胞から娘細胞へと運搬されて行く。細胞分裂は生物を成長させる仕事であると同時に、遺伝物質を細胞から細胞へと均等に、分配する仕事でもある。

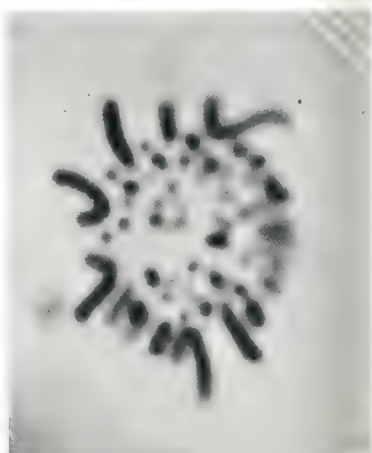
染色体の数と形

染色体の数と形は生物の種類により一定である。今までに知られている中で、動物の最大染色体数はオオックヤドカリの二五四、最小は馬の腸内に寄生する蛔虫の二で、種類によりいろいろの染色体数がある。エビやカニの類、蝶や蛾、魚の一部は概して染色体数が多く、鳥類と爬虫類も染色体数の多い動物である。類縁のごく近い動物は、染色体数も同じか、極めて近いのが普通だ。一見雑多に見える染色体の形は、紡錘糸の染色体への附着点によって次の四つの型に分類されている。

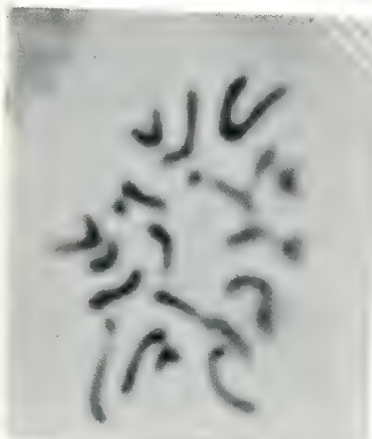
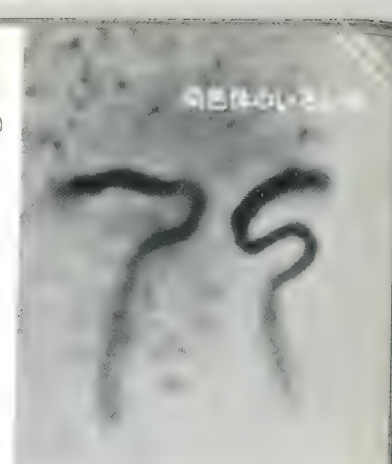
(一)端部着糸型＝染色体の先端に紡錘糸かつき、染色体は直線状の棒型か、短い粒状を呈する。

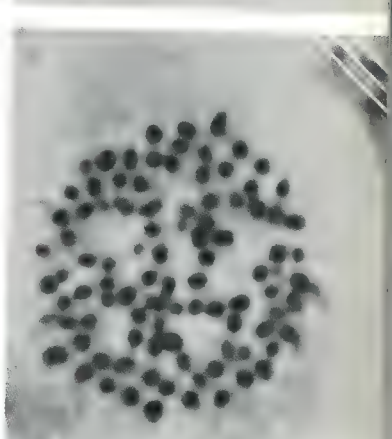
(二)次端部着糸型＝着糸点は染色体の先端よりやや内方にあり、その形からJ型染色体と呼ぶ。

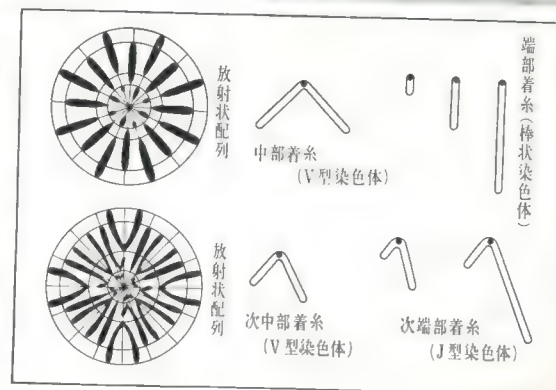
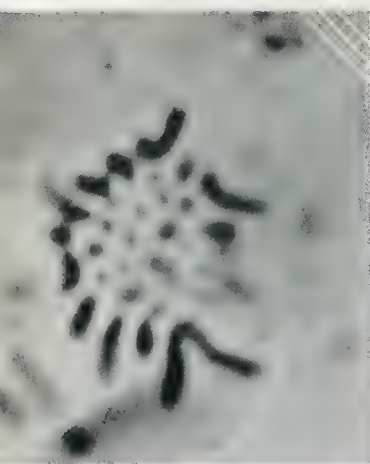
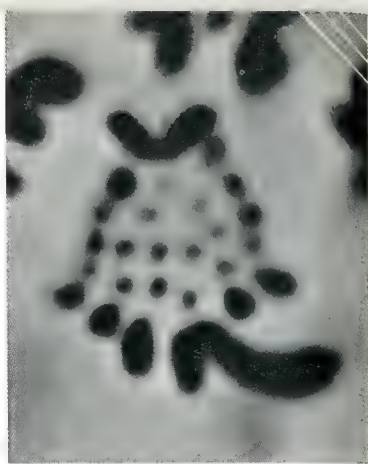
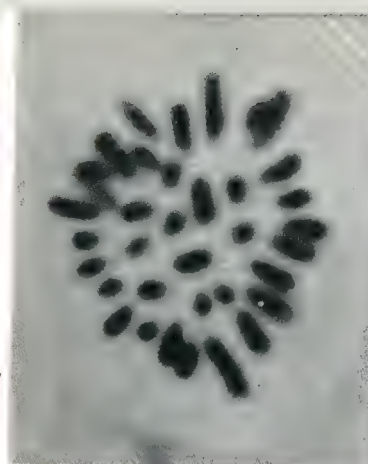
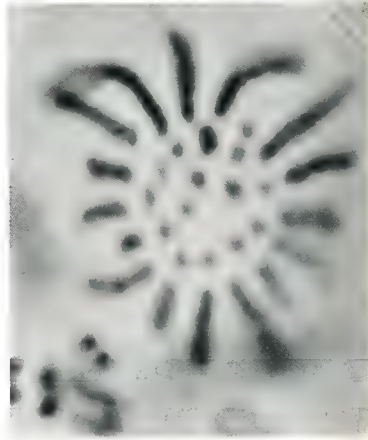
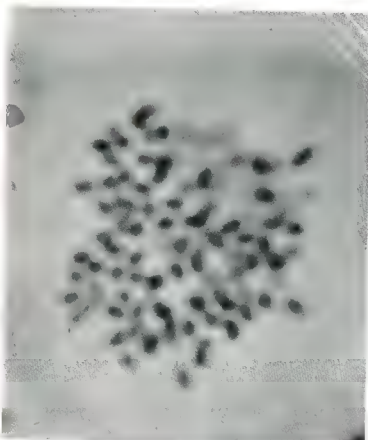
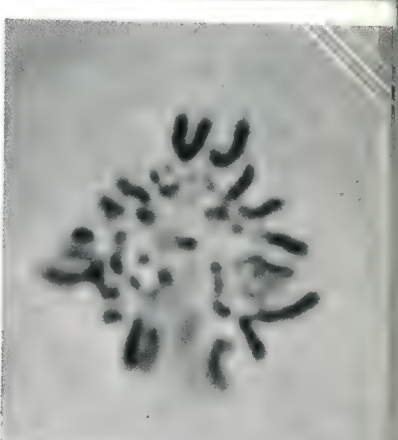
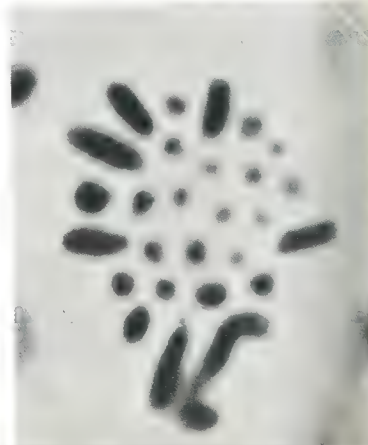
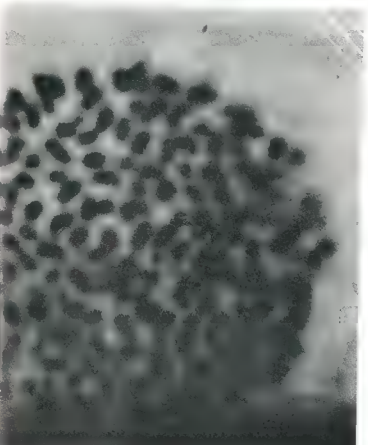
(四五頁に続く)

人類男子(2n, 47)　×4000

アカネズミ(2n, 47)　×3500

ハツカネズミ(2n, 40)　×4300

イシイルカ(2n, 44)　×4500

コアジサシ(2n, 66)　×4800

ニワトリ(2n, 78)　×5500

馬の蛔虫(2n, 2型)　×2800

ツユムシの一種(2n, 31)　×4000

ザリガニ(n, 98)　×3200

ケラ(2n, 23)　×4000

染色体数の表示法

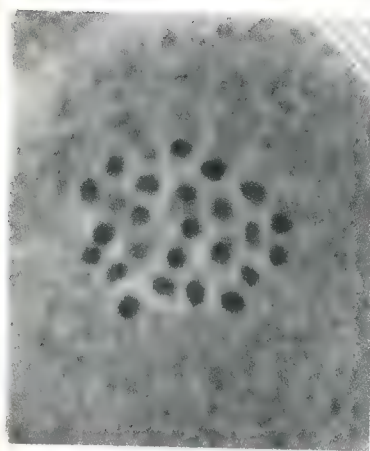
数字は染色体の数．数字の前の記号2nは倍数染色体，すなわち生物の体をつくっている普通の細胞の染色体である事を表わし，nは半数染色体，すなわち減数分裂をした細胞の染色体であることを示す．従って(2n, 47)は染色体数47の普通細胞，(n, 98)は染色体数98の減数分裂をした細胞である．

キリギリス科の一種(2n, 26) × 4000
ホシササキリ(2n, 33) × 4000
キリギリス(2n, 31) × 3500
カマキリ(2n, 27) × 3500
ツユムシ(2n, 27) × 4000
ホソコバネバッタ(2n, 23) × 3200
トビトカゲ(2n, 34) × 6000
コモチカナヘビ(2n, 36) × 3500
スッポン(2n, 64) × 4000
コイ(2n, 104) × 4700
エゾアカガエル(2n, 26) × 4000
タラバガニ(2n, 208) × 2000

(三)次中部着糸型＝更に着糸点が内方によっており、染色体は両腕の長さを異にしたV型となる。

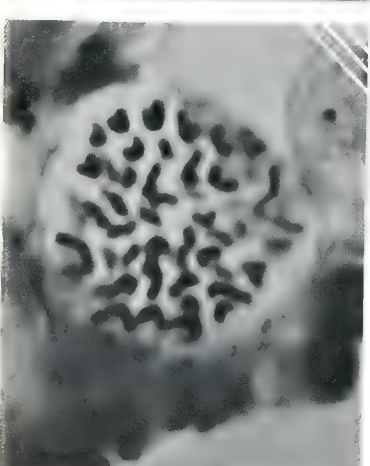
(四)中部着糸型＝着糸点は染色体の中央部にありそこを頂点としてV字型となる。前者と共にV型染色体と呼ぶ。

染色体が赤道面に配列する様式にも一定の形があり、着糸点を赤道面の中心に向け、美しい放射状に並ぶのが普通であるが、カメムシ、トンボ、ハサミムシなどを含む少数の動物群では染色体が赤道面上に同心円を作って配列する。何れにしても、染色体数は種類によって一定であると同時に、各種の型の組合せも種類によって決っている。すなわち、棒状染色体何個、J型が何個、V型が何個と生物の種類特有の染色体が存在するから、たとえ同数の染色体をもつ二種の生物も、染色体の型によって明かに区別できる。「核型」と呼ばれるこの特有の染色体の型を研究することによって、生物の類縁関係や進化の過程さえ、ある程度探り得る。

染色体の内部では基本物質のラセン糸がラセン状にまいて存在し、分裂をしていない休止期の細胞核の内部では、このラセン糸が解けた状態で収められている。

➡ フキバッタ(2n, 23) ×2500

⬅ クロショウジョウバエ(2n, 12) ×3000

➡ ショウリョウバッタ(2n, 23) ×3500

⬅ カイコ(n, 28) ×3000

➡ マツケムシ(n, 30) ×2500

⬅ ワラジムシ(2n, 56) ×3000

性決定のしくみ―X・O型

動物には卵巣をもち、卵子を生産する雌と、精巣をもち精子を生産する雄の二つの型が区別される。雌雄の決定は生物学的にいうと一つの遺伝の現象で、雌になる、あるいは雄になる遺伝の要素があり、他の要素と同様に染色体に含まれて、精子と卵子を通じて親から子に伝わる。この性決定要素を含む染色体は、特に性染色体と呼ばれる特別なもので、一般に型も特有であり、行動も又変っているので、他の普通染色体とは明かに区別される。性別はこの性染色体の働きによって受精の際に決定されるのであって、両親の年齢だの、季節だの、天候だの、栄養などといった環境は本質的に関連はない。性決定のしくみは精子二型と卵子二型の二つに分けられる。動物に普通みられるのは精子に二種の型を生ずる精子二型で、哺乳類やバッタ、コオロギ、キリキリス、カメムシなどに見られる。これはX染色体と呼ばれている性染色体が雄の細胞には一個、雌の細胞には二個存在する場合で、精巣で精子がつくられる時、X染色体だけは分裂しないで一方の娘細胞に移行するため、X染色体を含む精子と含まない精子が生産される。一方雌の細胞は常にX染色体を二個もっているので、分裂によってどの卵子も必ず一個のX染色体を受けとる。X染色体を含んだX精子が受精により卵子（常にX染色体を含む）と合体すれば、受精卵にはX染色体が二個はいるのでそれから発生する子供はX染色体を二個もつ雌となり、X染色体をもたない精子が卵子と一緒になれば受精卵はX染色体が一個となり、それから発生する子供は雄となる。これがX・O型性決定様式で、性の決定権は精子にある。

性決定のしくみ ― X・Y型

雄の細胞にX染色体のほか、もう一個の特別な性染色体―Y染色体―を含むものが、多くの昆虫や哺乳動物に発見されている。一般に形が小さいので明かに区別できるこのY染色体は、精子がつくられる細胞分裂の際、必ずX染色体と分離をするので、精子にはX染色体を含むものとY染色体を含むものとの二型が生ずる。この場合、雌の細胞にはやはりX染色体が二個あるから、X染色体を含む精子（X精子）が受精において卵子（何れもX染色体一個を含む）と合併すると受精卵はX染色体二個で、それから発生する子供は雌となり、Y染色体を含むY精子が受精にあずかると、その子供の細胞はX及びY染色体を受けて雄となる。これがX・Y型性決定様式で性決定権は精子にあり、XあるいはY精子の何れを含むかによって子供の性が決定される。

性決定のしくみ ― 卵子二型

鳥類と爬虫類（ヘビ、トカゲ）及び鱗翅類（蝶と蛾）、毛翅類（トビケラ）においては、雌の細胞の方にX染色体が一個存在し、雄の細胞は二個のX染色体を含んでいる。要するにX・O型の逆の場合で、卵子にX染色体を含むものと、含まないものの二型が生じ、性の決定権は、前二者と逆に雌の側（卵子）がにぎっている。卵子がつくられる特別な分裂において、卵子にはX染色体を含むものと含まないものの二種を生ずる。雄の細胞にはX染色体が二個存在し、従って精子は何れも一個のX染色体をもっているから、X染色体を含む卵子が精子と合併すれば受精卵には二個のX染色体が入って、それから発育する子は雄となり、X染色体を含まない卵子が精子と合体すれば、それから生れる子供の細胞は、一個のX染色体を含むから雌になる。

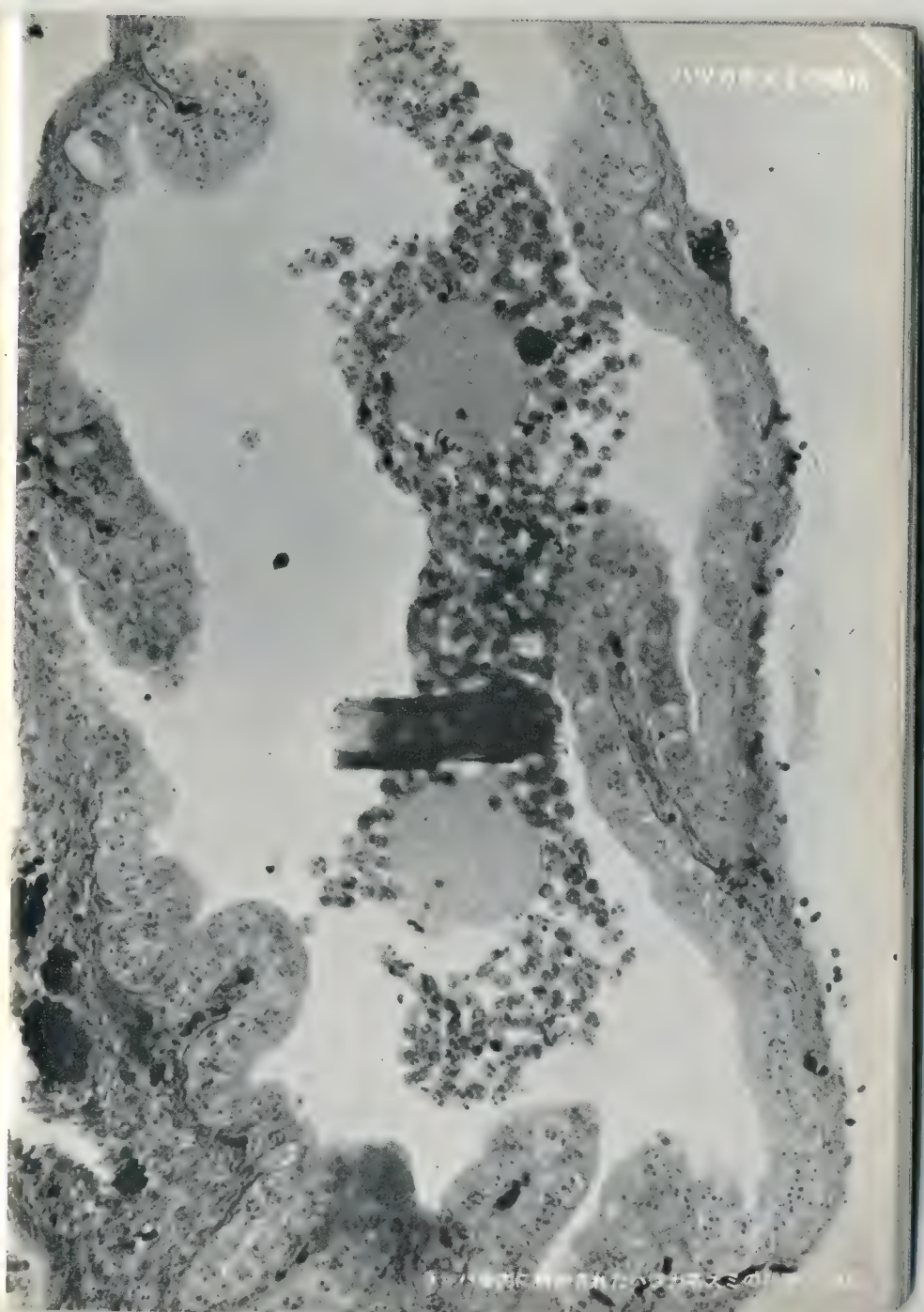
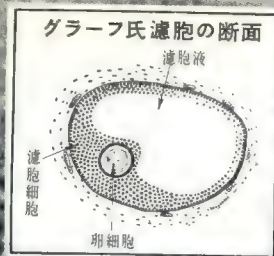
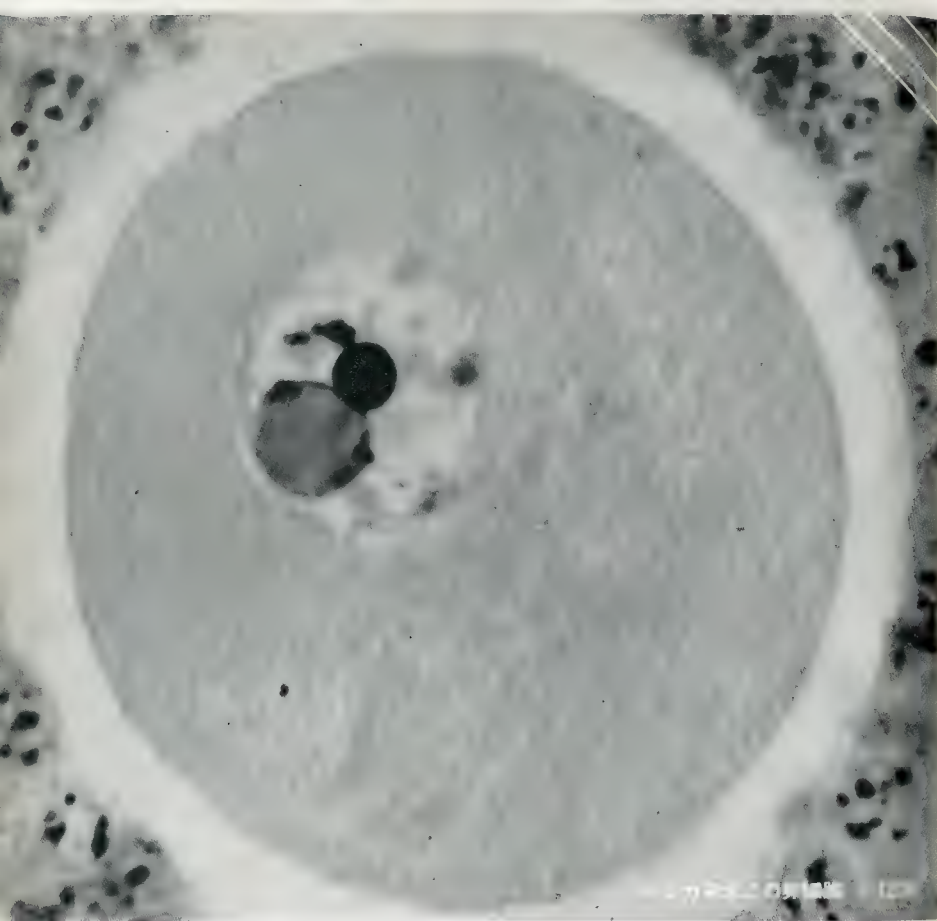
ハツカネズミの成熟卵子 ×230

受精

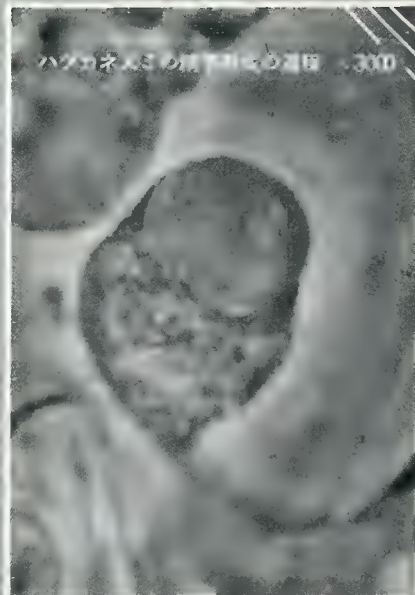
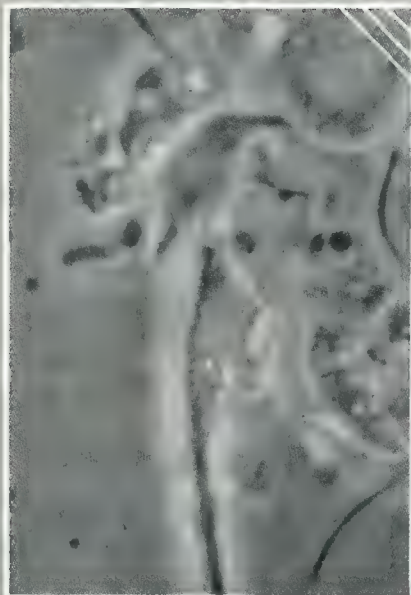
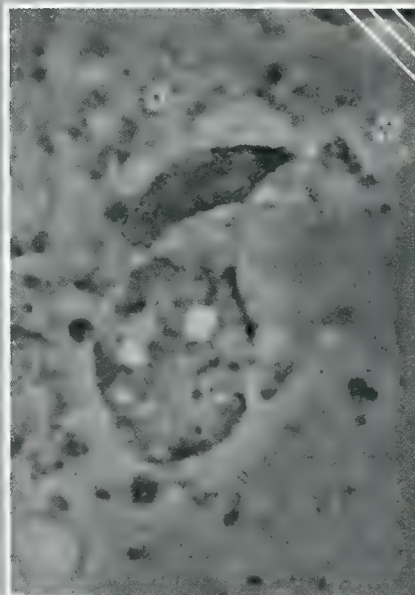
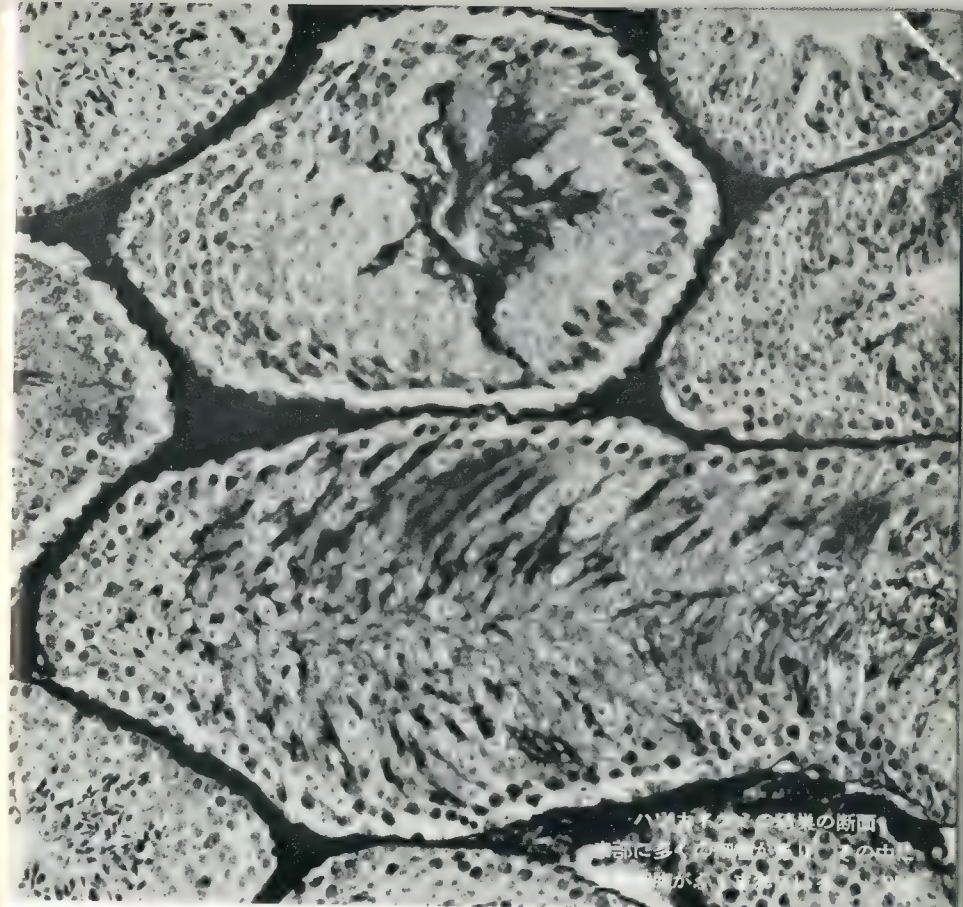
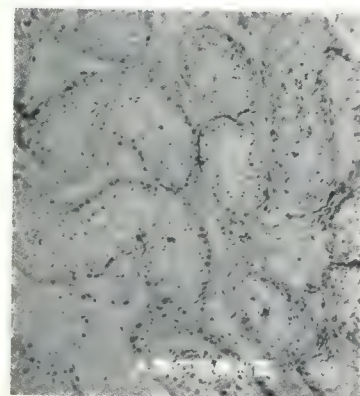
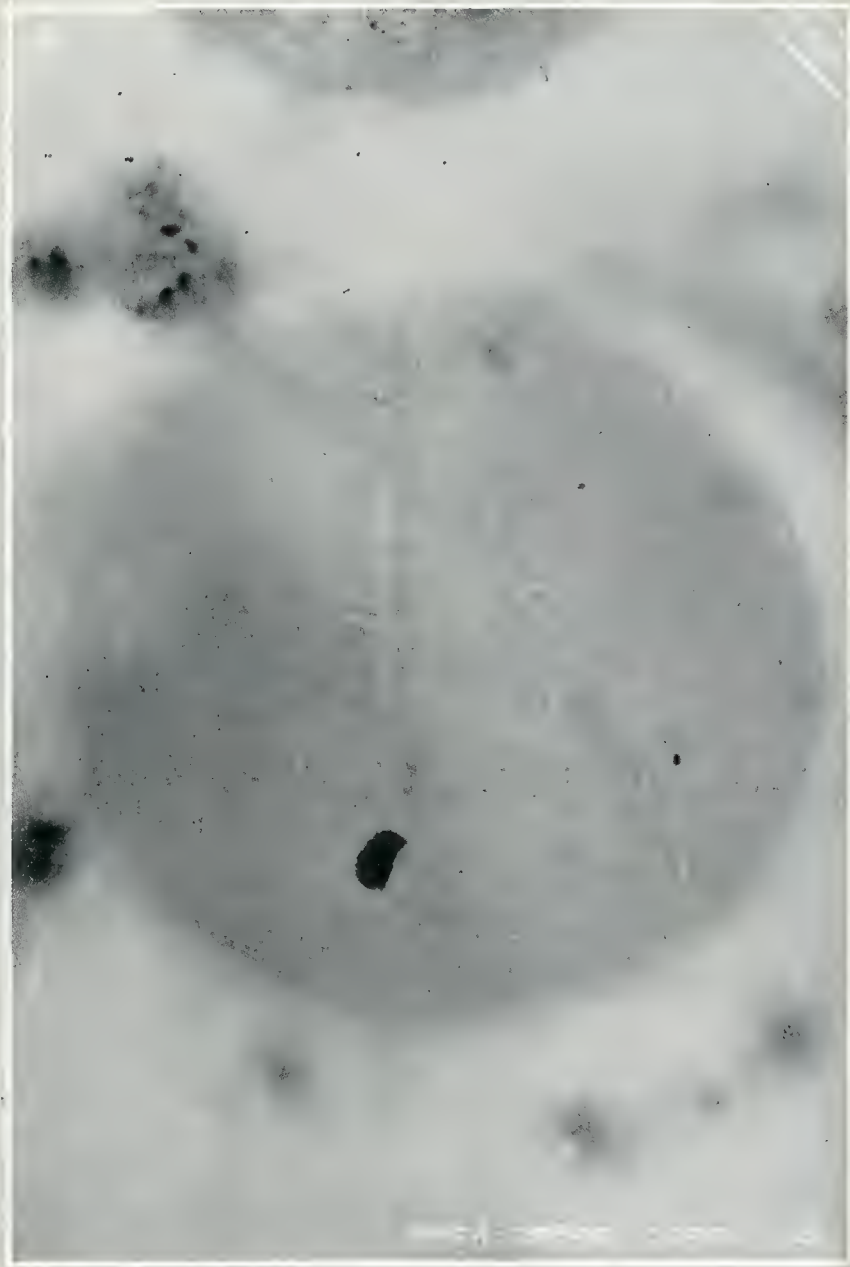
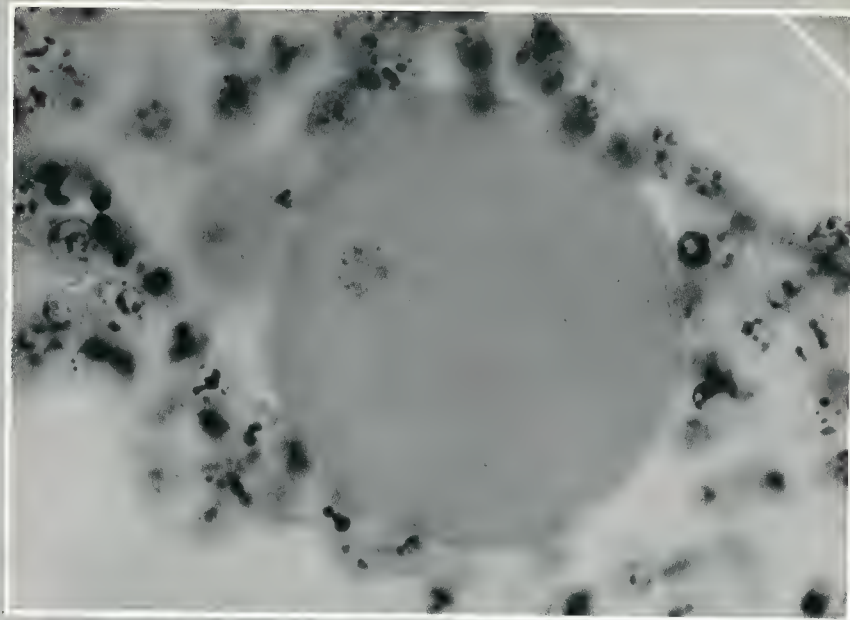
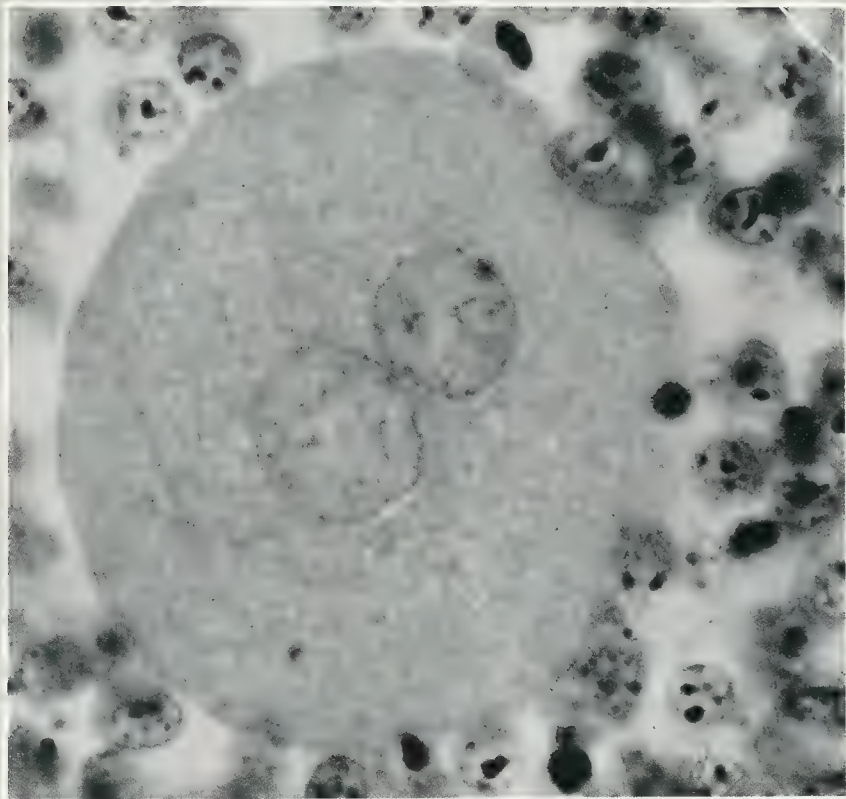
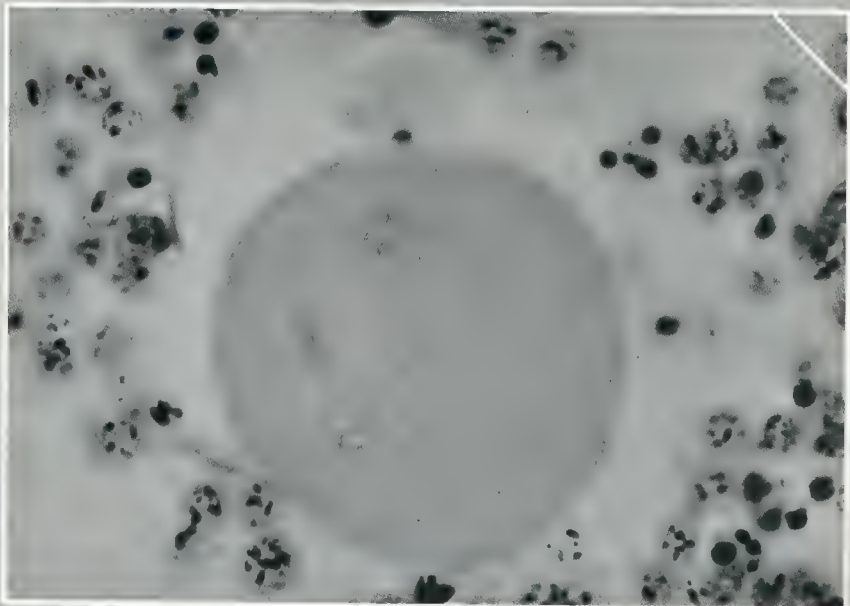
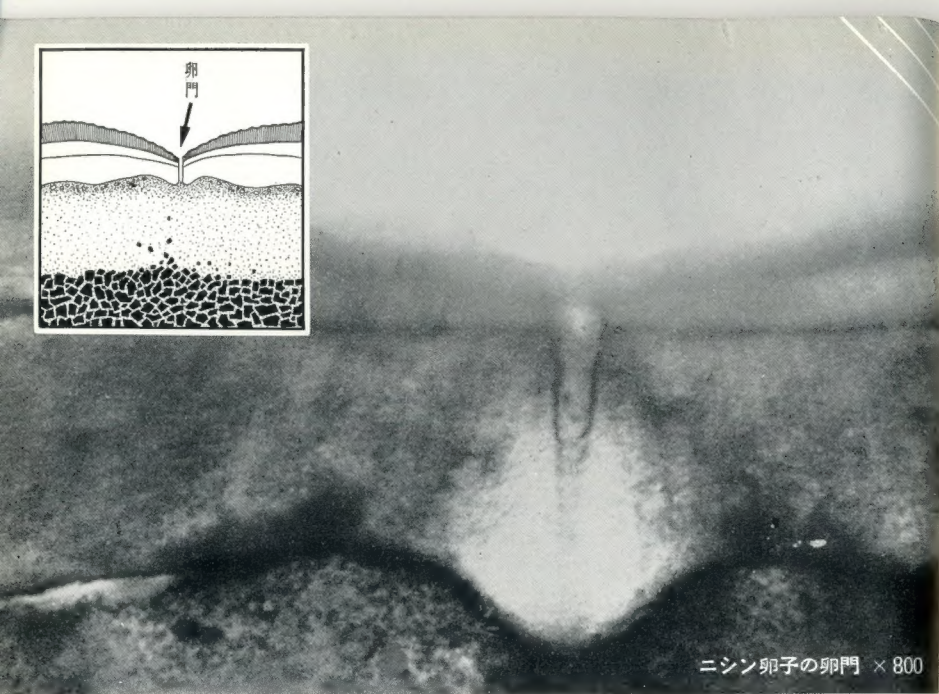
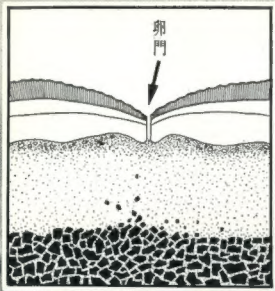
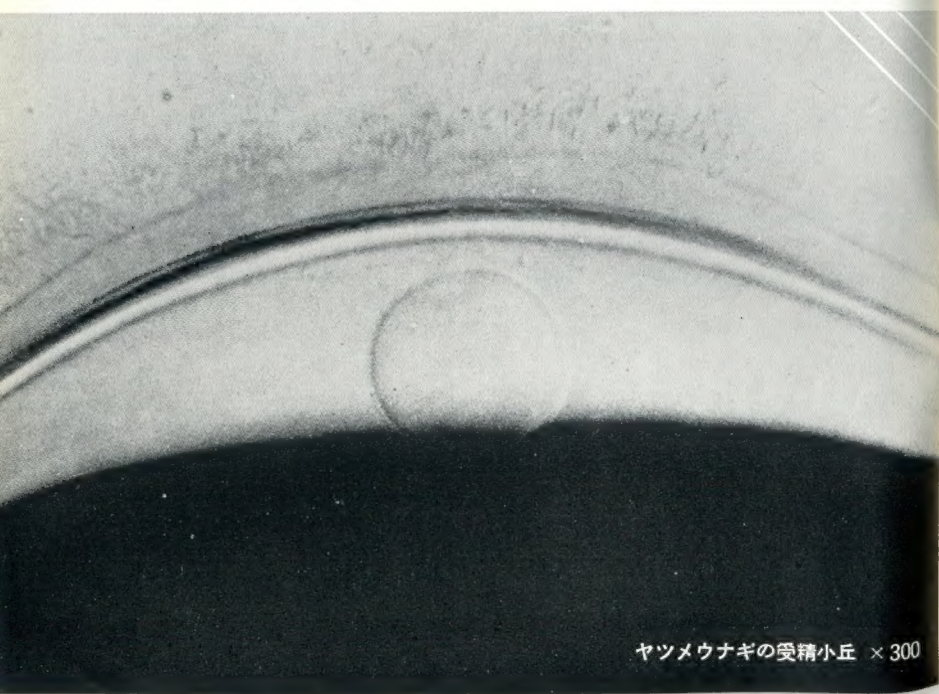
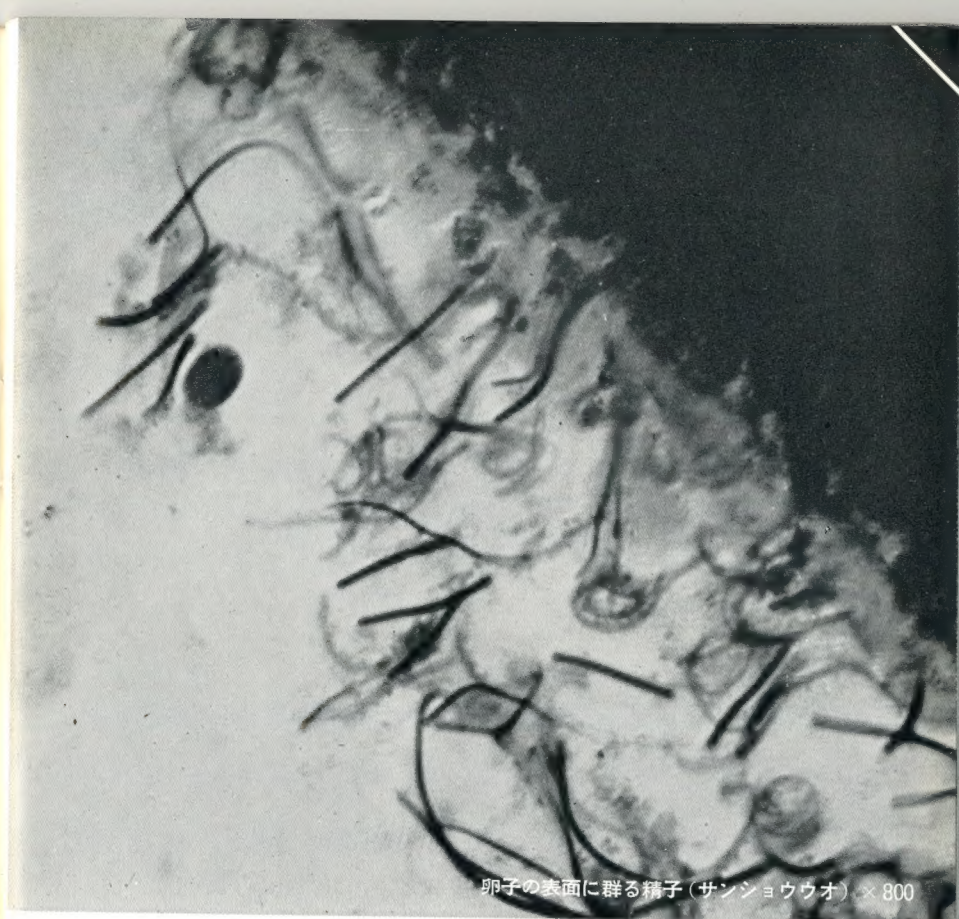
受精とは、簡単にいえば雄の配偶子ー精子ーと雌の配偶子ー卵子ーとが合体することである。性行為によって排出された精子は卵子に近づき、卵内に侵入する。そこで精子の核は卵子と核と合体し、新しい発生の過程をととのえる。

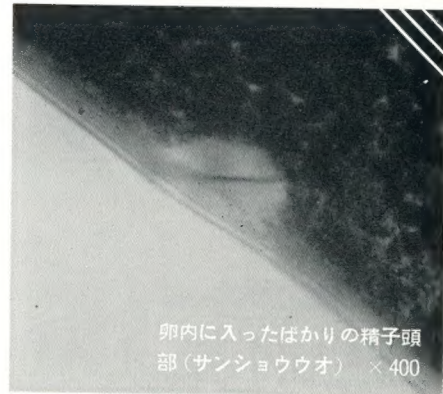
受精には体内受精と体外受精とがあり、魚類やサンショウウオ、カエル、その他水中に住むいろいろの無脊椎動物では卵子は水中に産まれ、雄が後から精子を放出して、水を媒体として受精が行われるのが普通で、これが体外受精である。高等な動物では、交尾によって精子は雌の生殖器内に排出され、輸卵管の中で卵子と会合して受精が行われる。これが体内受精である。爬虫類や、鳥類では、受精が終ってから、卵子は母体から産み出されて、その後の発育は母体をはなれた体外で行われる。これらの動物の卵子が非常に大きいのは、母体から離れた後、胚子の発育に必要な栄養分(卵黄)を多量に蓄えているからに外ならない。哺乳動物では、受精卵は母体の子宮壁に着床して、子宮壁と胚子の間を連絡する胎盤がつくられ、それによって胚子は母体から栄養

グラーフ氏濾胞の断面

濾胞液
濾胞細胞
卵細胞

分をうけとり、一定期間発育してから体外に産み出される。前者を卵生といい、後者を胎生という。要するに体外受精と体内受精は卵子と精子の会合が水中であるか、雌の生殖器内で行われるかの違いだけで、受精の本質的なしくみには全く違いはないのである。

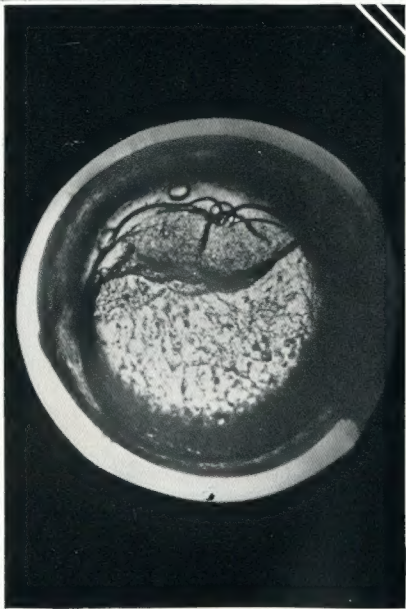
卵子は雌の生殖器官の卵巣の中でつくられた生殖細胞であって、卵子の核の中には雌の遺伝物質が含まれている。精子は雄の生殖器官の精巣(睾丸)の中でつくられた生殖細胞で、精子の核(頭部)には雄の遺伝物質が含まれている。受精によってこの精子の核が卵内にはいり、卵子の核と合体する。受精卵には、こうして精子の核によって運ばれた父親の遺伝物質と、卵子の核によってもたらされた母親の遺伝物質とが運びこまれるのであって、親からそれぞれ遺伝物質をうけとった受精卵は、やがて次代の子供の体をつくり、それぞれの遺伝物質の働きで遺伝の現象があらわれる。

哺乳類では卵子は卵巣の中にある間はグラーフ氏濾胞という大きな胞状の組織に包まれて保護されている。精子は運動をする必要のために特有の形態に変形し、

頭部といわれる核の変態した部分と、それに続く中片と、長い尾部が発育する。卵細胞も、精細胞も、卵子や精子に発育する前に、成熟分裂という特別な染色体の分裂を行い、個有の染色体数は丁度半分に減数される。このために、卵子の核も精子の核も、種固有の染色体数の半分の染色体を含み、受精によって卵核と精核とが合体した時、はじめてもとの、その種固有の染色体数にもどるのである。何代世代を重ねても、同一種であるかぎり個有の染色体数に変動が起らないのは成熟分裂で精子や卵子がつくられる時、染色体数が半分になるためである。

体外受精にしても、体内受精にしても、排出された精子は自ら運動して卵子に近づき、ついに卵内にはいる。一般に精子の数は卵子のそれに比較して問題にならない程多数だから、受精の際に、卵子の周囲に集る精子の数は無数といってよいほどである。しかし、受精において卵内にはいる精子はただ一個だけで、後の何百万という精子は受精にあずからずに死滅吸収される。卵内に入る精子は何百万の精子の中、最も優秀なものであり、ここでも生存競争と自然淘汰が行われる。体内受精の高等動物では受精は一般に輸卵管の中で行われ、哺乳動物などでは、腟内に排出された精子は、子宮を経て輸卵管をのぼり、ラッパ管の附近まで進んで、そこで卵巣から排卵されてラッパ管におりて来た卵子と会合して受精が行われる。一方排卵された後の卵巣の濾胞には、組織細胞の集団―黄体が形成される。この黄体からは黄体ホルモンが分泌され、このホルモンが姙娠中の発情や排卵を抑制し、乳腺の発育を促進する。

精子が卵内にはいる時は、尾部が卵外にすてられて、頭部と中片だけが入り込むのが普通である。卵内に入った精子の頭部は、次第にふくらんで球形の核に変化する。卵子の核も球形にかわる。球形になった精核と卵核はやがて卵子の中央部に向って移行をはじめ、ついに卵子のほぼ中央部で両者が会合する。これで受精が完全に終ったのである。それぞれ成熟分裂によって半数となった染色体を含む卵核と精核は、受精によって合体し、両核から半数ずつの染色体をうけとった受精卵はもとの個有の染色体数にもどる。この受精卵がもととなって、何回となく分裂をくり返して無数の細胞を生じ、それらが集って組織をつくり、器官を形成して次の世代の子供の体をつくりあげる。卵核の染色体に含まれた母親の遺伝物質と、精核の染色体に含まれた父親の遺伝物質は、受精のしくみによって子供の体の細胞の中に運びこまれ、発育と共にそれらの遺伝物質の働きによって子供の体に遺伝の現象が現われて来る。遺伝とは両親の遺伝物質が親から子に伝わる事であり、それは卵子と精子に含まれた染色体の働きによって受精の際に行われる。

ニシン卵子の卵門 ×800

ヤツメウナギの受精小丘 ×300

卵子の表面に群る精子（サンショウウオ）×800

精子が卵子にはいる有様にはいろいろある。昆虫や魚類の卵子には、卵子を包む卵膜の一定の場所に「卵門」と呼ばれる小さな孔があり、精子はそこを通って卵内にはいる。ヤツメウナギの卵子では、受精の時に卵体から受精小丘とよぶ透明の小さな丘状体が盛上り、それが卵膜と接した箇所で、精子の一つがその小丘体にとびこむと、精子は小丘体と共に卵内に吸いこまれる。哺乳動物や両棲類には、このような受精のための特殊な装置はなく、精子は主として卵子の動物極（卵の上方の半分）から卵内にはいる。

卵内に入ったばかりの精子頭部（サンショウウオ） ×400

受精後約８日．魚体のできはじめ ×20

受精後約30分．第１回の分割 ×20

受精後約18日．孵化が近い ×20

受精後約５時間．第３回の分割 ×20

ニシンの発生

受精直後のニシンの卵子 ×40

組織の形成

受精を終り、精子と卵子から受けついだ遺伝物質を含む受精卵は、やがて分裂増殖―分割を始める。もちろん細胞分裂の方式に従って分裂するので、核の中に含まれた遺伝物質も、分裂によって母細胞から娘細胞へと伝搬されて行く。分裂は際限なく続き、細胞の数は増加する。やがて細胞には働きの上で分化がおこり、同じような働きを持つ細胞同志が集って組織をつくり、いくつかの組織が結合して器官となり、次第に次代の子供の体ができてゆく。核内に含まれた遺伝物質が働いていろいろな遺伝の現象が現れるのもこの間である。

卵子の分割には動物によっていろいろな型がある。卵黄の少い哺乳動物や、ウニ、ナメクジウオなどでは、普通の細胞分裂のように、分裂した分割球の大きさが等しい。カエルやサンショウウオでは卵子の上方側の分割球は下方側の分割球より形が大きい。魚類や鳥類では卵子の上の部分だけが分割して、下方の卵黄のたまった部分は分割しない。昆虫の卵子のように、卵黄が卵子の内部に集っているものでは、卵の表面だけが分割する。

岩波写真文庫目録

既刊

1 木綿
2 昆虫
3 南氷洋の捕鯨
4 魚の市場
5 アメリカ人
6 アメリカ
7 雪の結晶
8 写真
9 レンズ
10 紙
11 蝶の一生
12 鎌倉
13 心と顔
14 動物園のけもの
15 富士山
16 積雪
17 いかるがの里
18 鉄
19 川―隅田川―
20 雲
21 汽車
22 動物園の鳥
23 様式の歴史
24 鉱山
25 スイス
26 スキー
27 京都―歴史的にみた―
28 力と運動
29 アメリカの農業
30 アルプス
31 山の鳥
32 奈良の大佛
33 尾瀬
34 電話
35 野球の科学
36 星と宇宙
37 蚊の観察
38 長崎
39 高野山
40 正倉院(一)
41 彫刻
42 佛像
43 化学繊維
44 蛔虫
45 野の花―春―
46 金印の出た土地
47 東京―大都会の顔―
48 馬
49 石炭
50 桂離宮と修学院
51 日光
52 醤油
53 文楽
54 水辺の鳥
55 米
56 正倉院(二)
57 石油
58 千代田城
59 歌舞伎
60 高山の花
61 波
62 京都御所と二条城
63 赤ちゃん
64 オーストラリア
65 ソヴェト連邦
66 能
67 造船
68 東京案内
69 平泉
70 手術
71 宮島
72 広島
73 佐渡
74 比叡山
75 阿蘇
76 信貴山縁起絵巻
77 針葉樹
78 近代芸術
79 日本の民家
80 季節の魚
81 シャボテン
82 新劇
83 郵便切手
84 かいこの村
85 伊豆の漁村
86 奈良―東部―
87 奈良―西部―
88 ヒマラヤ
89 上高地
90 電力
91 松江
92 動物の表情
93 金沢
94 自動車の話
95 薬師寺・唐招提寺
96 日本の人形
97 システィナ礼拝堂
98 美人画
99 日本の貝殻
100 本の話
101 戦争と日本人
102 佐世保
103 ミケランジェロ
104 空からみた大阪
105 宗達
106 飛騨・高山
107 ゴッホ
108 京都案内―洛中―
109 京都案内―洛外―
110 寫楽
111 熊
112 東京湾
113 汽車の窓から―東海道―
114 地図の知識
115 姫路
116 硫黄の話
117 伊勢
118 はきもの
119 隠岐
120 源氏物語絵巻
121 農村の婦人
122 出雲
123 アルミニウム
124 水害と日本人
125 日本のやきもの
126 貝の生態
127 イスラエル
128 伴大納言絵詞
129 瀬戸内海
130 飛鳥
131 聖母マリア
132 日本の映画
133 能登
134 山形県
135 福沢諭吉
136 利根川
137 鹿児島県
138 伊豆半島
139 日本の森林
140 高知県
141 チェーホフ
142 佛教美術
143 一年生
144 長野県
145 塩原
146 日本の庭園
147 木曾
148 忘れられた島
149 近東の旅
150 和歌山県
151 函館
152 豆
153 大分県
154 死都ポンペイ
155 富士をめぐる
156 神奈川県
157 柔道
158 戦争と平和
159 ソ連・中国の旅
160 伊豆の大島
161 ジョットー
162 熊野路
163 鳥獣戯画
164 愛媛県
165 やきものの町
166 冬の登山
167 埼玉県
168 男鹿半島
169 フランス古寺巡礼
170 滋賀県

新刊

171

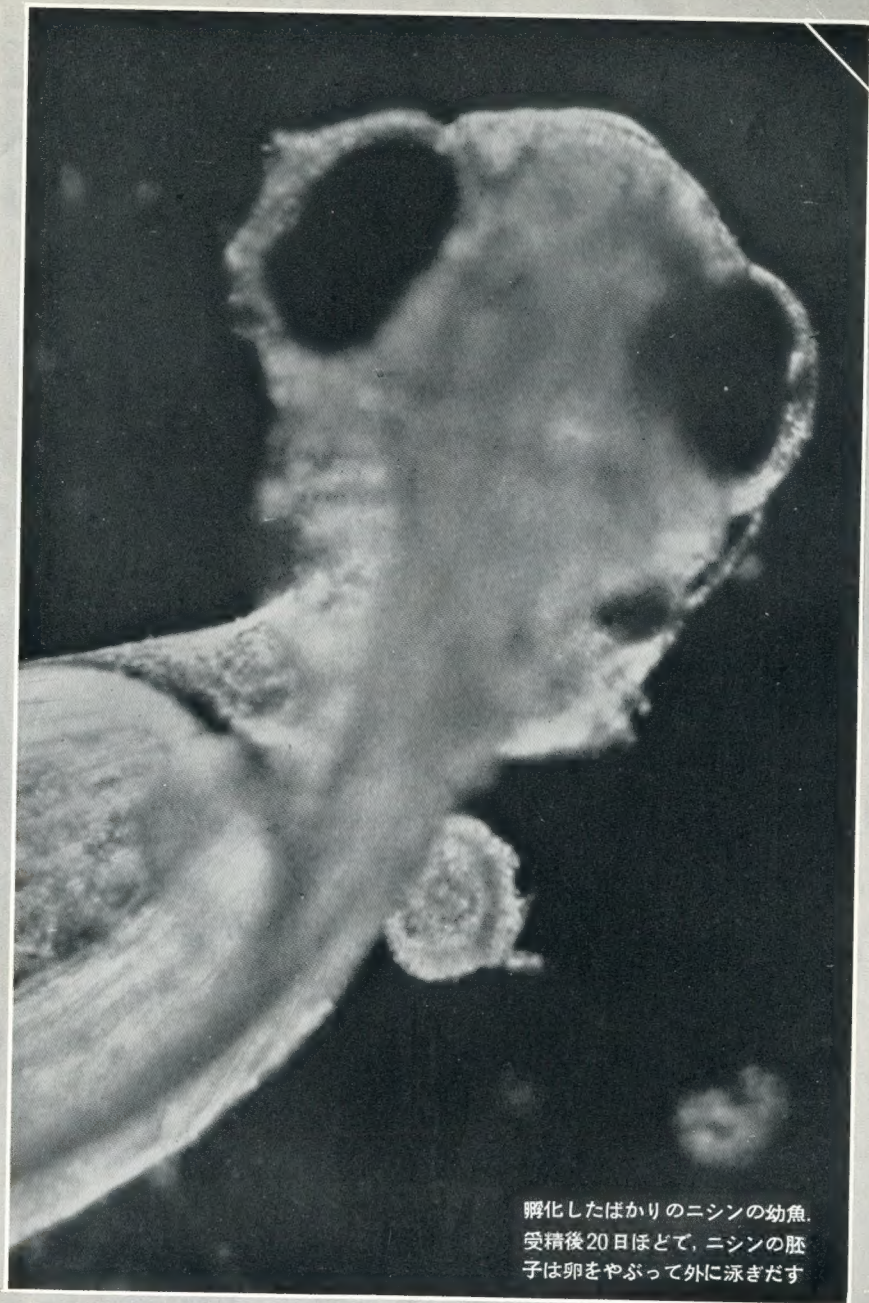
172

173

175

四国遍路
176

近刊 箱根　村の一年―秋田―　セザンヌ　石川県―新風土記―

B6判 64頁 写真平均約200枚 定価各100円

孵化したばかりのニシンの幼魚.
受精後20日ほどで，ニシンの胚子は卵をやぶって外に泳ぎだす

キンギョの卵巣 ×70

¥ 100